

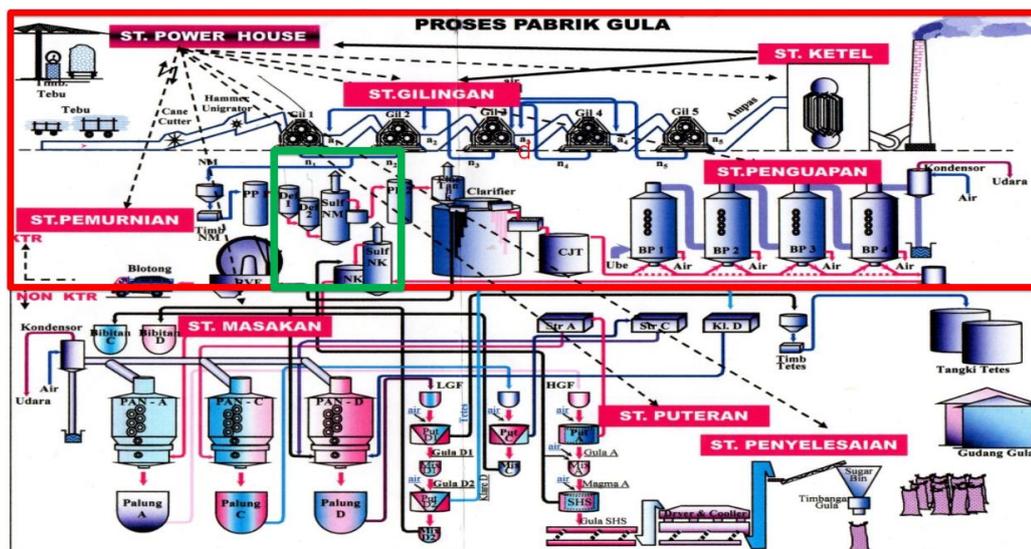
## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dijelaskan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang diperlukan untuk menerapkan dan merancang sistem pengendalian pH yang tepat. Serta pengolahan data dengan pendekatan TRIZ untuk mendapatkan rancangan alat pengendalian pH di proses pemurnian nira tebu.

#### 4.1. Pengumpulan Data

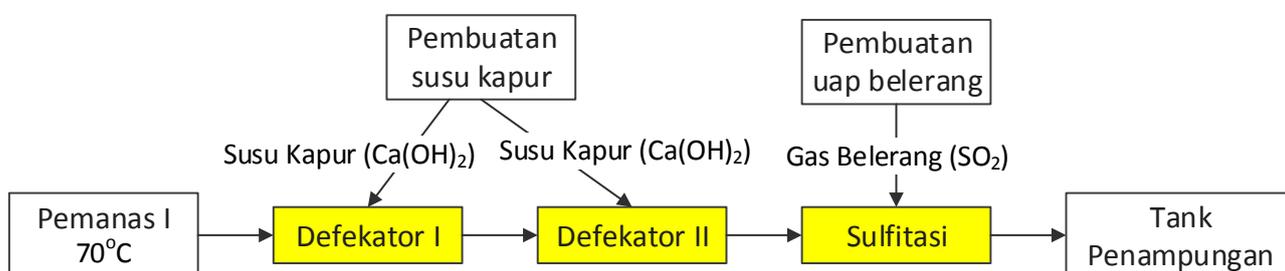
##### 4.1.1. Gambaran Awal Proses Pengendalian pH Nira Tebu PT.Madubaru



Gambar 4. 1 proses produksi gula

Dari gambar diatas kotak warna merah adalah batasan proses produksi yang akan dilakukan menjadi mobile untuk mewujudkan perancangan ulang proses bisnis. Dengan reengineering tersebut maka hasilnya output dari stasiun evaporasi yaitu nira kental adalah bentuk produk yang ditransportasikan ke pabrik. Dalam kotak hijau adalah fokus penelitian tugas akhir ini yaitu tempat terjadinya proses pengendalian pH dalam stasiun pemurnian.

Pengendalian pH nira tebu adalah bagian proses yang mendukung proses utama pemurnian nira tebu hasil dari proses ekstraksi di stasiun gilingan. Pengendalian pH di bagian pemurnian diperlukan untuk menjaga agar proses defekasi dan sulfitasi tetap terkendali dan akurat. Selain itu pengendalian pH digunakan karena pengeluaran zat bukan gula secara optimal terjadi bila pH nira mentah berkisar antara 7,3-7,8 dan pH nira encer antara 7,0-7,4. Jika lebih tinggi dari 7,4 pemisahan zat bukan gula lebih baik namun pemecahan zat gula yang mereduksi menjadi lebih besar dan berakibat warna nira encer menjadi hitam serta terbentuk asam organik yang mengikat kapur menyebabkan kandungannya meningkat.



Gambar 4. 2 Proses Pemurnian bagian pengendalian pH

Seperti pada gambar diatas proses pengendalian dimulai dari saat nira mentah dipanaskan sampai suhu 70°C lalu baru masuk pada proses Defekator I. Dalam defekator I nira mentah dengan pH 5-6,5 dilakukan pencampuran dengan Susu Kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) sehingga pH nira naik menjadi 7-7,5. Setelah itu nira mengalir menuju Defekator II untuk dilakukan pencampuran kembali dengan Susu Kapur sehingga pH nira naik menjadi 9-9,5. Karena pencampuran dengan susu kapur maka warna nira menjadi gelap dan nira menjadi basa. Kemudian nira masuk kedalam proses Sulfitasi dimana nira dicampurkan dengan uap Belerang ( $\text{SO}_2$ ). Hal ini membuat pH nira menjadi 7-7,5. Setelah pH

mencapai nilai tersebut maka proses selanjutnya ditampung untuk diproses penyaringan blotong dalam nira.

#### 4.1.2. Desain alat pengendalian pH saat ini

Berikut adalah kondisi dan desain alat pengendalian pH di stasiun pemurnian yang dipakai oleh PT.Madubaru dalam produksi gula tebu.



Gambar 4. 3 rangkaian stasiun pemurnian



Gambar 4. 4 tangki defekasi dan sulfitasi

Dalam pemurnian 3 proses yang memerlukan pengendalian pH adalah proses defekasi 1 dan 2 serta sulfitasi. Semua proses tersebut di PT.Madubaru dikendalikan berdasarkan 2 parameter yaitu aliran nira dan nilai pH output setiap proses.



Gambar 4. 5 Sensor pH defekasi 1 2 dan Sulfitasi



Gambar 4. 6 pengendalian susu kapur oleh pneumatic valve



Gambar 4. 7 pengendalian susu kapur oleh pneumatic valve

Penerapan sensor pH di PT.Madubaru dilakukan seperti gambar 4.6 dimana semua aliran nira akan bercabang mengalir ke tempat pengecekan pH setelah setiap proses selesai. Disini pihak pabrik masih menggunakan pengecekan secara manual untuk meningkatkan akurasi yang dilakukan oleh sensor pH agar tidak terjadi penyimpangan yang terlalu jauh. Kemudian untuk valve dari setiap pencampur untuk susu kapur sudah memakai prinsip otomatis dengan pneumatic valve. Sedangkan untuk gas belerang masih menggunakan valve manual untuk sulfitir thompson dan semi otomatis untuk sulfitir tower.



Gambar 4. 8 pengendalian gas SO<sub>2</sub> oleh butterfly valve manual untuk sulfiter thompson



Gambar 4. 9 kotak panel dan ruang pengendalian operator

Untuk operator menggunakan monitoring dari 2 cara, yaitu lewat komputer atau layar touchscreen kotak panel di ruang komputer. Dari sini diatur agar target pH tetap tercapai dan mengantisipasi kesalahan pembacaan yang terjadi.

#### 4.1.3. Identifikasi Kebutuhan pengguna pengendalian pH Nira Tebu

Identifikasi keinginan dilakukan dengan melalui 2 tahap kuesioner dengan responden karyawan serta operator bagian Pabrikasi dan Instalasi sebanyak 26 orang. Tahap pertama yaitu kuesioner terbuka terkait masalah pada pengendalian pH saat ini dan keinginan alat pengendalian pH yang akan dirancang. Tahap kedua yaitu kuesioner tertutup dengan skala 1-5 tentang tingkat kepentingan untuk diselesaikan dan diterapkan dari hasil pengolahan kuesioner pertama. Berikut hasil dari rekapitulasi kuesioner pertama dan kedua serta terjemahan terhadap fungsi yang diinginkan:

Tabel 4. 1 Rekap hasil kuesioner dan terjemahan fungsi alat

| Pertanyaan               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | Skor | %<br>Prioritas | Fungsi yang<br>diinginkan           |
|--------------------------|---|---|---|---|----|------|----------------|-------------------------------------|
| Q11 (tingkat akurasi pH) | 0 | 0 | 0 | 1 | 25 | 129  | 99%            | Akurasi pengendalian pH yang akurat |

| Pertanyaan   | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  | Skor | %<br>Prioritas | Fungsi yang<br>diinginkan           |
|--|---|----|----|----|----|------|----------------|-------------------------------------|
| diharapkan<br>meningkat)                             |   |    |    |    |    |      |                |                                     |
| Q4 (harga alat saat ini mahal)                       | 0 | 0  | 0  | 1  | 25 | 129  | 99%            | Harga alat yang terjangkau          |
| Q1 (akurasi alat saat ini kurang)                    | 0 | 0  | 0  | 2  | 24 | 128  | 98%            | Akurasi pengendalian pH yang akurat |
| Q7 (diharapkan alat mudah dioperasikan)              | 0 | 0  | 1  | 2  | 23 | 126  | 97%            | mudah dioperasikan                  |
| Q9 (alat harus beroperasi otomatis)                  | 0 | 0  | 0  | 4  | 22 | 126  | 97%            | dapat beroperasi otomatis           |
| Q5 (Pengurangan proses manual)                       | 0 | 0  | 1  | 22 | 3  | 106  | 82%            | dapat beroperasi otomatis           |
| Q2 (Maintenance alat saat ini rumit)                 | 0 | 0  | 1  | 23 | 2  | 105  | 81%            | mudah diperbaiki                    |
| Q10 (harga alat murah)                               | 0 | 0  | 22 | 4  | 0  | 82   | 63%            | Harga alat yang terjangkau          |
| Q3 (Rangkaian alat saat ini kompleks)                | 0 | 0  | 24 | 2  | 0  | 80   | 62%            | mudah diperbaiki                    |
| Q8 (rancangan alat tidak memerlukan operator)        | 0 | 3  | 23 | 0  | 0  | 75   | 58%            | dapat beroperasi otomatis           |
| Q6 (rancangan alat dapat pengurangan peran operator) | 0 | 22 | 4  | 0  | 0  | 56   | 43%            | mudah dioperasikan                  |

## 4.2. Pengolahan Data

### 4.2.1. Uji Validitas dan Reliabilitas Kebutuhan pengguna

Fungsi-fungsi yang ada pada Tabel 4.1 dinyatakan valid apabila nilai *Corrected Item-Total Correlation* lebih dari atau sama dengan 0,388 ( $df = n-2 = 26-2 = 24$ ). Jumlah responden dalam melakukan uji validitas dan uji reliabilitas berjumlah 26 orang. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan software SPSS, dapat dilihat bahwa seluruh fungsi dinyatakan valid. Berikut adalah tabel yang menunjukkan hasil uji validitas dan realibilitas terhadap 5 fungsi yang diinginkan pengguna alat pengendalian pH nira tebu:

Tabel 4. 2 Hasil SPSS uji Reliabilitas data

| Reliability Statistics |  |            |
|------------------------|--|------------|
| Cronbach's Alpha       | Cronbach's Alpha Based on Standardized Items | N of Items |
| 0,465                  | 0,395  | 10         |

Tabel 4. 3 Hasil SPSS uji Validitas data

|     | Corrected Item-Total Correlation | Validitas |
|-----|----------------------------------|-----------|
| Q1  | 0,495                            | Valid     |
| Q2  | 0,433                            | Valid     |
| Q3  | 0,542                            | Valid     |
| Q4  | 0,611                            | Valid     |
| Q5  | 0,390                            | Valid     |
| Q6  | 0,539                            | Valid     |
| Q7  | 0,581                            | Valid     |
| Q8  | 0,411                            | Valid     |
| Q9  | 0,448                            | Valid     |
| Q10 | 0,470                            | Valid     |
| Q11 | 0,522                            | Valid     |

Dapat dilihat pada Tabel 4.3, hasil pada *Corrected Item-Total Correlation* dengan nilai signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% tidak terdapat nilai yang lebih kecil dari 0,388. Hal ini menunjukkan bahwa kelima fungsi tersebut dinyatakan valid. Hasil pengujian realibilitas menggunakan SPSS, nilai *Cronbarch's Alpha* kelima fungsi adalah 0,395 dan termasuk kedalam kategori acceptable. Kelima fungsi tersebut dinyatakan konsisten dan dinyatakan akurat sehingga dapat digunakan untuk mendesain alat.

#### 4.2.2. Desain dengan Metode TRIZ

Pada produk alat pengendali pH yang digunakan terdapat beberapa komponen yang dibedakan kedalam subsystem dan supersystem. Adapun komponen dalam system yang mempunyai keterkaitan pada penelitian ini (subsystem) dan hal-hal yang bukan bagian dari system tapi terkait dengan system (supersystem) yang ada pada saat difable membatik dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 4 Subsistem alat pengendali pH

|     |                  |
|-----|------------------|
| No. | Subsystem        |
| 1   | Sensor pH        |
| 2   | Sensor Flowmeter |

| No. | Subsystem                   |
|-----|-----------------------------|
| 3   | Microcontroller/PLC/Arduino |
| 4   | Layar LCD                   |
| 5   | Personal Computer           |
| 6   | Pneumatic Butterfly Valve   |
| 7   | Pipa Saluran Pemurnian      |

*Tabel 4. 5 Supersistem alat pengendali pH*

| No. | Supersystem                                  |
|-----|--|
| 1   | Defekator                                    |
| 2   | Sulfitir                                     |
| 3   | Operator                                     |
| 4   | Alat Pemanas I                               |
| 5   | Alat Pemanas II                              |
| 6   | Tangki CaOH <sub>2</sub> dan SO <sub>2</sub> |

Interaksi yang terjadi antara subsystem dan supersystem pada alat pengendali pH terbagi menjadi 3 bagian yaitu input, proses dan output. Berikut interaksi yang terjadi dan fungsi dari setiap komponen:

1. Input, pada bagian ini terdapat sensor pH, sensor Flow dan Potensiometer. Sensor pH digunakan untuk mengukur pH larutan nira tebu, susu kapur, dan belerang. Sedangkan sensor Flow digunakan untuk mengukur aliran dari nira tebu sebelum masuk kedalam proses defekasi ataupun sulfitasi. Tujuannya adalah agar dapat diukur debit dari aliran nira sehingga dapat ditentukan volume dari pelarutnya yaitu susu kapur dan belerang yang dikonversikan kedalam besarnya bukaan valve.
2. Proses, pada bagian ini terdapat mikrokontroler arduino mega, arduino nano, modul pH dan driver motor servo. Arduino berfungsi sebagai otak dari alat ini yang melakukan pengaturan dan pengendalian sesuai dengan program yang ditanamkan pada chip arduino. Arduino mega untuk mengatur seluruh komponen sedangkan nano untuk mengatur tampilan yang dimunculkan di LCD display. Modul pH digunakan untuk menyesuaikan masukan dari sensor pH kedalam arduino serta menyempurnakan masukan sensor. Hasilnya input yang diterima arduino lebih tepat dan dapat diproses selanjutnya. Driver motor servo digunakan untuk mengatur keluaran dari arduino terhadap motor servo agar sesuai dengan input yang dibutuhkan motor servo.

3. Output, pada bagian ini terdapat motor servo dan LCD display. Motor servo diperlukan untuk mengatur keluaran dari arduino dalam mengendalikan bukaan dari valve yang sesuai dengan perhitungan. LCD display digunakan untuk menampilkan informasi khususnya pH yang ada di setiap proses ataupun sebelum proses dan status bukaan dari setiap valve.

Sehingga dari hasil analisis interaksi yang terjadi dan identifikasi subsistem dan supersistem sebelumnya didapatkan kontradiksi yang dpt terjadi adalah sebagai berikut:

*Tabel 4. 6 Ringkasan Kontradiksi yang terjadi*

| No. | Kriteria desain                     | Fungsi yang ingin dinaikan  | Yang terkena dampak   | Identifikasi             | Model Masalah   |
|-----|-------------------------------------|---|---|--------------------------|---|
| 1   | Akurasi pengendalian pH yang akurat | alat memiliki akurasi pengendalian pH yang lebih stabil   | mengurangi kecepatan proses pemurnian   | <i>Inventive problem</i> | <i>Engineering Contradiction<br/>Physical Contradiction</i> |
| 2   | Harga alat yang terjangkau          | mudah untuk dibuat dengan sumber daya yang sederhana  | kualitas alat dapat menurun   | <i>Inventive problem</i> | <i>Engineering Contradiction</i>                            |
| 3   | mudah dioperasikan                  | operator dapat menggunakan alat pengaturan pH secara manual sewaktu-waktu dengan mudah  | menurunkan akurasi dari pengaturan pH karena takaran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau $\text{SO}_2$ yang tidak tepat oleh operator | <i>Inventive problem</i> | <i>Physical Contradiction</i>                               |
| 4   | dapat beroperasi otomatis           | pengurangan peran operator dalam pengendalian pH alat agar proses pengendalian dapat berjalan lebih akurat dan cepat serta aliran nira tetap mengalir | ketahanan dari alat rentan rusak jika tidak dipelihara dengan benar dan perlindungan yang tepat                                 | <i>Inventive problem</i> | <i>Engineering Contradiction</i>                            |
| 5   | mudah diperbaiki                    | alat dapat diperbaiki dengan mudah  | kompleksitas rangkaian harus lebih  | <i>Inventive problem</i> | <i>Engineering Contradiction</i>                            |

| No. | Kriteria desain | Fungsi yang ingin dinaikan                     | Yang terkena dampak  | Identifikasi | Model Masalah |
|-----|-----------------|--|--|--------------|---------------|
|     |                 | jika terjadi kerusakan sederhana oleh operator | sedehana dan operator harus memahami rangkaian keseluruhan |              |               |

#### 4.2.2.1. Improving Feature

Berikut di tentukan improving feature yang sesuai dengan fungsi yang ada:

Tabel 4. 7 Terjemahan improving feature dari fungsi alat

| No. | Fungsi yang diinginkan              | improving feature         |
|-----|-------------------------------------|---------------------------|
| 1   | Akurasi pengendalian pH yang akurat | Measurement accuracy (28) |
| 2   | Harga alat yang terjangkau          | ease of manufacture (32)  |
| 3   | mudah dioperasikan                  | ease of operation (33)    |
| 4   | dapat beroperasi otomatis           | Extent of automation (38) |
| 5   | mudah diperbaiki                    | ease of repair (34)       |

#### 4.2.2.2. Worsening Feature

Berikut adalah worsening feature yang akan terjadi jika fungsi yang diinginkan diterapkan pada rancangan alat yang akan dibuat:

Tabel 4. 8 Terjemahan Worsening Feature dari fungsi alat

| No. | Fungsi yang diinginkan              | worsening feature                 |
|-----|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1   | Akurasi pengendalian pH yang akurat | speed (9)                         |
| 2   | Harga alat yang terjangkau          | Quantity of substance/matter (26) |
| 3   | mudah dioperasikan                  | Measurement accuracy (28)         |
| 4   | dapat beroperasi otomatis           | strength (14)                     |
| 5   | mudah diperbaiki                    | device complexity (36)            |

#### 4.2.2.3. Matrik Kontradiksi TRIZ

Pada tahapan ini ditentukan kontradiksi yang terjadi antara improving feature dan worsening feature dari fungsi yang diinginkan. Titik temu antar elemen akan menghasilkan inventive principles yang merupakan alternatif solusi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan trade-off yang terjadi:

Tabel 4. 9 Hasil kontradiksi improving dan worsening feature fungsi alat

| No. | Fungsi yang diinginkan              | improving feature         | worsening feature                 | Inventive principles |
|-----|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 1   | Akurasi pengendalian pH yang akurat | Measurement accuracy (28) | speed (9)                         | 28, 13, 32, 24       |
| 2   | Harga alat yang terjangkau          | ease of manufacture (32)  | Quantity of substance/matter (26) | 35, 23, 1, 24        |
| 3   | mudah dioperasikan                  | ease of operation (33)    | Measurement accuracy              | 25, 13, 2, 34        |
| 4   | dapat beroperasi otomatis           | Extent of automation (38) | strength (14)                     | 25, 13               |
| 5   | mudah diperbaiki                    | ease of repair (34)       | device complexity (36)            | 35, 1, 13, 11        |

#### 4.2.2.4. Penentuan Desain Parameter alat

Setelah didapatkan alternatif solusi yaitu inventive principle dari kontradiksi *worsening* dan *improving feature*, selanjutnya adalah memilih dan menerapkan prinsip yang tepat dari alternatif yang ada kedalam spesifikasi desain parameter dan solusi dari alat yang akan dirancang. Berikut hasil dari penerapannya:

Tabel 4. 10 penerapan solusi TRIZ kedalam rancangan alat pengendalian pH

| No. | Kriteria desain                     | Fungsi yang ingin dinaikan                              | Yang terkena dampak                   | <i>Improving Feature</i>         | <i>Worsening Feature</i> | <i>Inventive principle</i> | <i>General Solution and Spesific Solution</i>   |
|-----|-------------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|---|
| 1   | Akurasi pengendalian pH yang akurat | alat memiliki akurasi pengendalian pH yang lebih stabil | mengurangi kecepatan proses pemurnian | <i>Measurement accuracy (28)</i> | <i>speed (9)</i>         | 28, 13, 32, 24             | <p>Prinsip 24 <i>intermediary</i><br/> “Gunakan proses atau operator sebagai perantara dan menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain (yang dapat dengan mudah dihilangkan)”</p> <p>Solusi spesifik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memasang sensor pH <i>Liquid pH Probe Sensor</i>, <i>flowmeter</i> diameter 2 inch <i>range 10-200L/min</i> dan <i>ball valve</i> diameter 2 inch sebelum sesudah proses defekasi dan sulfitasi.</li> <li>2. Melaksanakan pengukuran pH dan debit larutan sebelum proses utama dilakukan pada bagian pemurnian.</li> <li>3. Melakukan pengukuran pH dan debit larutan pada saluran pipa mesin pemurnian.</li> </ol> |

| No. | Kriteria desain            | Fungsi yang ingin dinaikan                           | Yang terkena dampak         | <i>Improving Feature</i>        | <i>Worsening Feature</i>                 | <i>Inventive principle</i> | <i>General Solution and Spesific Solution</i>  |
|-----|----------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------|--|----------------------------|--|
| 2   | Harga alat yang terjangkau | mudah untuk dibuat dengan sumber daya yang sederhana | kualitas alat dapat menurun | <i>ease of manufacture</i> (32) | <i>Quantity of substance/matter</i> (26) | 35, 23, 1, 24              | <p>1. <i>Segmentation</i> (Segmentasi) “Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian tersendiri”</p> <p>Solusi Spesifik :</p> <p>1. Mengganti komponen <i>pneumatic valve</i> yang dipakai untuk mengatur besar aliran <math>\text{CaOH}_2</math> dan <math>\text{SO}_2</math> dengan menggabungkan komponen motor servo <i>Stall torque 10kg/cm Operating speed 0.20sec/60degree(4.8v)</i> yang dapat melakukan putaran <math>180^\circ</math> dan <i>manual ball valve 2 inch</i> sehingga memiliki prinsip kerja yang sama seperti <i>pneumatic valve</i> yang beroperasi otomatis. Perbandingan harganya <i>pneumatic valve</i> per unit yang dipakai pabrik Rp700.000 sedangkan penggantinya hanya Rp188.000 per unit.</p> |

| No. | Kriteria desain    | Fungsi yang ingin dinaikan   | Yang terkena dampak  | <i>Improving Feature</i>      | <i>Worsening Feature</i>         | <i>Inventive principle</i> | <i>General Solution and Spesific Solution</i>   |
|-----|--------------------|--|--|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---|
| 3   | mudah dioperasikan | operator dapat menggunakan alat pengaturan pH secara manual sewaktu-waktu dengan mudah | menurunkan akurasi dari pengaturan pH karena takaran Ca(OH) <sub>2</sub> atau SO <sub>2</sub> yang tidak tepat oleh operator | <i>ease of operation (33)</i> | <i>Measurement accuracy (28)</i> | 25, 13, 2, 34              | <p>Prinsip 25. <i>Self-service</i><br/> <i>“Buatlah sebuah objek atau sistem melakukan pelayanan sendiri dengan melakukan fungsi tambahan yaitu membantu”</i><br/>           Solusi spesifik:<br/>           1. Menambahkan pengendalian semi manual untuk operator dengan menyediakan tombol <i>push button</i> warna hijau <i>CMYK(100:0:100:0)</i> dan pengaturan bukaan <i>valve</i> dengan <i>potensio meter 20.000 Ohm</i> tombol warna silver <i>CMYK(0:0:0:50)</i> sesuai dengan perhitungan reaksi dengan input yang terukur melalui sensor.<br/>           2. Menggunakan tampilan digital layar LCD <i>12C 16 x 02 Blue with White char color</i> di kotak panel ukuran <i>30 x 40 x 20 cm</i></p> |

| No. | Kriteria desain           | Fungsi yang ingin dinaikan  | Yang terkena dampak   | <i>Improving Feature</i>         | <i>Worsening Feature</i> | <i>Inventive principle</i> | <i>General Solution and Spesific Solution</i>  |
|-----|---------------------------|---|---|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| 4   | dapat beroperasi otomatis | pengurangan peran operator dalam pengendalian pH alat agar proses pengendalian dapat berjalan lebih akurat dan cepat serta aliran nira tetap mengalir | ketahanan dari alat rentan rusak jika tidak dipelihara dengan benar dan perlindungan yang tepat | <i>Extent of automation (38)</i> | <i>strength (14)</i>     | 25, 13                     | Prinsip 13. <i>The other way round</i><br>“membuat part atau komponen yang permanen dan komponen yang tetap menjadi dapat di pindahkan sewaktu-waktu”<br>Solusi spesifik:<br>1. merancang sensor pH agar dapat diganti dan dibersihkan jika terjadi kerusakan pengukuran<br>2. menggunakan <i>manual ball valve</i> diameter 2 inch yang ditempel motor servo <i>Stall torque 10kg/cm Operating speed 0.20sec/60°</i> agar selain beroperasi otomatis dapat juga manual dengan melepas motor servo dari <i>manual ball valve</i> . |

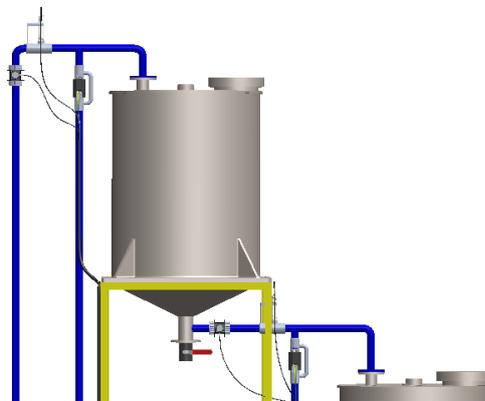
| No. | Kriteria desain  | Fungsi yang ingin dinaikan  | Yang terkena dampak  | <i>Improving Feature</i>   | <i>Worsening Feature</i>      | <i>Inventive principle</i> | <i>General Solution and Spesific Solution</i>  |
|-----|------------------|---|--|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|--|
| 5   | mudah diperbaiki | alat dapat diperbaiki dengan mudah jika terjadi kerusakan sederhana oleh operator | kompleksitas rangkaian harus lebih sederhana dan operator harus memahami rangkaian keseluruhan | <i>ease of repair (34)</i> | <i>device complexity (36)</i> | 35, 1, 13, 11              | <p>prinsip 1. <i>Segmentation</i><br/> “membuat objek lebih mudah untuk di bongkar pasang”<br/> Solusi spesifik:<br/> 1. merancang sensor pH yang dapat di bongkar pasang<br/> prinsip 11. <i>Beforehand cushioning</i><br/> “menyiapkan tindakan pengamanan dalam melakukan uji coba dari objek atau sistem”<br/> Solusi spesifik:<br/> 2. menambahkan saluran bercabang ukuran 20mm di pipa aliran CaOH<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> yang tidak melewati <i>ball valve motor servo</i> agar saat perbaikan alat proses defekasi dan sulfitasi tetap dapat berjalan<br/> 3. menambahkan lampu indikator warna Hijau <i>CMYK(100:0:100:0)</i> setiap komponen sebagai tanda komponen hidup/mati.</p> |

Dari tabel 4.9 penerapan *inventive principle* hasil dari matrik kontradiksi TRIZ setiap fungsi yang diinginkan oleh pengguna berhasil diterapkan. Dengan menterjemahkan fitur atau atribut yang akan meningkat dengan merealisasikan fungsi dari alat serta menterjemahkan dampak dari peningkatan fitur atau atribut, lalu menggunakan matrik kontradiksi TRIZ untuk mencari solusi yang mungkin dapat diterapkan. Dari beberapa solusi yang diperoleh dapat dipilih solusi yang tepat untuk mengatasi kontradiksi yang terjadi dengan tetap memperhatikan target dari setiap fungsi yang diinginkan di awal.

Contohnya seperti pada atribut nomor satu akurasi pengendalian pH yang akurat. Permasalahan yang muncul adalah pengguna menginginkan alat pengendalian pH yang memiliki stabilitas dalam mengukur pH nira tebu yang lebih baik. Karena proses produksi yang kontinu, jadi sensor harus diletakan diluar proses defekasi atau sulfitasi sebab didalam proses utama terjadi pencampuran dan nilai pH didalamnya tidak konsisten. Namun jika dibuat proses khusus untuk mengukur pH nira tebu, akan mengurangi kecepatan dari proses produksi. Sedangkan nira tebu yang bersifat asam akan rusak kandungan gulanya jika didiamkan terlalu lama. Dari permasalahan itu didapatkan *improving feature* yang diinginkan adalah *measurement accuracy* (28) dalam matrik kontradiksi TRIZ dan *worsening feature* yang cocok adalah *speed* (9). Hasilnya *inventive principle* 28, 13, 32, dan 24 muncul untuk alternatif solusi. Dari alternatif yang ada dipilih prinsip 24 intermediary atau menambahkan proses perantara untuk diterapkan menyelesaikan masalah tadi. Caranya memasang sensor pengukur pH larutan sebelum proses defekasi dan sulfitasi serta setelahnya. Melaksanakan pengukuran pH larutan sebelum proses utama dilakukan pada bagian pemurnian.



(a)



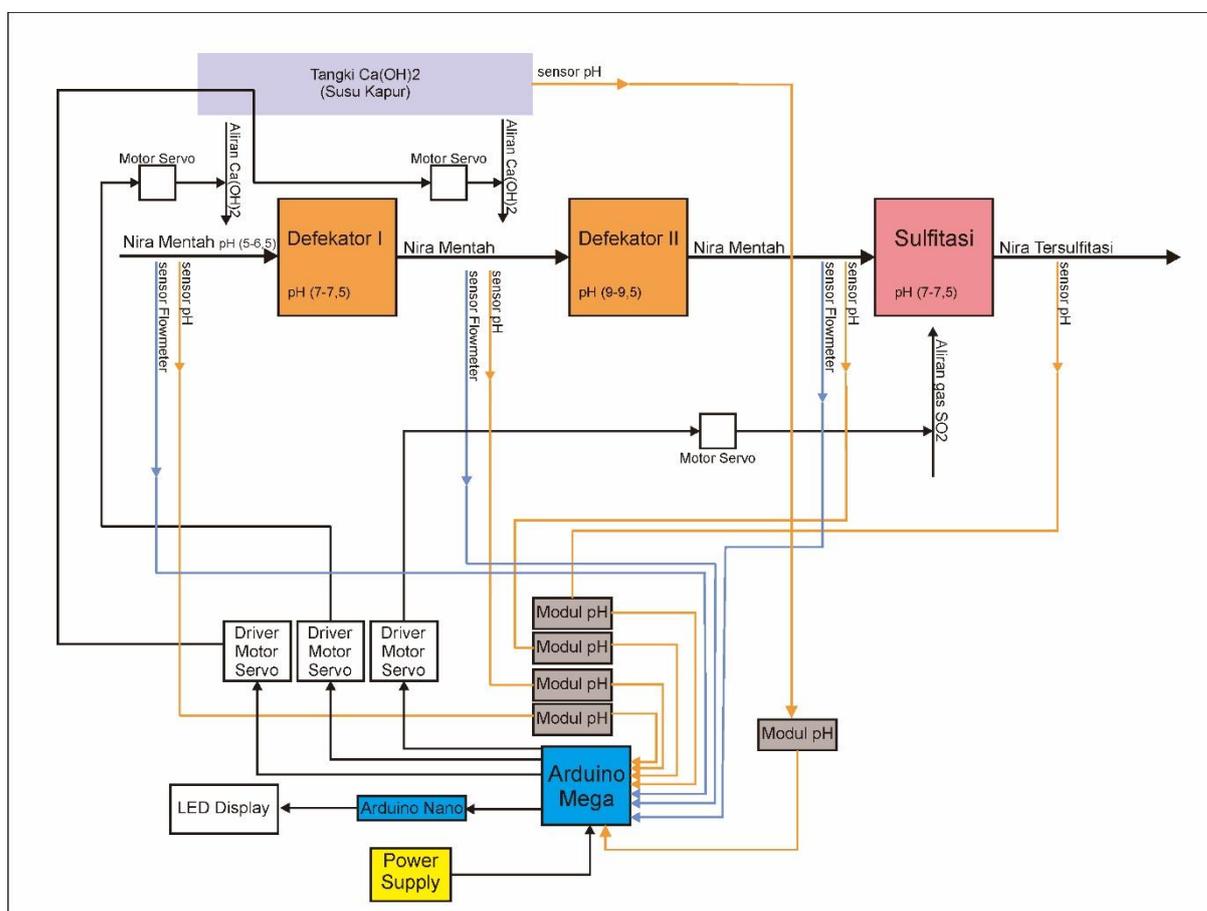
(b)

Gambar 4. 10 (a) sensor pH diletakan di tempat terpisah setelah setiap proses (b) sensor pH diletakan di pipa saluran nira dan dipasang sebelum serta setelah proses utama

### 4.2.3. Hasil Perancangan alat

#### 1. Diagram Block Elektronik Alat

Untuk menggambarkan input, proses dan output dari rangkaian alat pengendalian pH yang dirancang berdasarkan hasil penerapan metode TRIZ, maka digambarkan diagram block dari rangkaian. Diagram block digunakan karena dapat menjelaskan perbedaan antara input dan output yang terjadi dalam sebuah proses. Berikut adalah diagram dari rangkaian yang terjadi:



Gambar 4. 11 Diagram Block Rangkaian komponen alat

#### 2. Virtual Design Alat

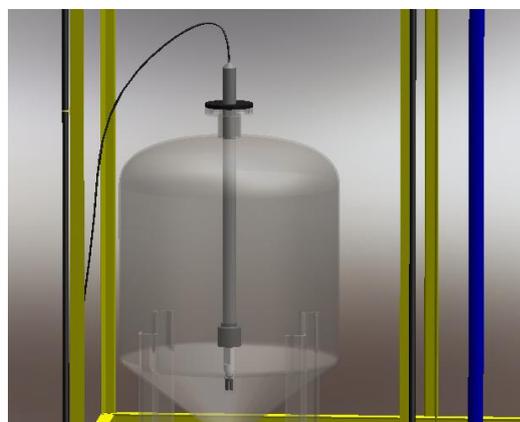
Virtual Design digunakan untuk menunjukkan prototype rancangan alat dalam bentuk 3D dengan bantuan software *solidwork*. Virtual design dibuat berdasarkan hasil dari pengolahan data dan prinsip kerja yang diinginkan oleh pengguna. Sehingga dapat mendukung proses pemurnian dalam pengolahan nira mentah. Berikut hasil perancangan dari alat pengendalian pH yang diusulkan:



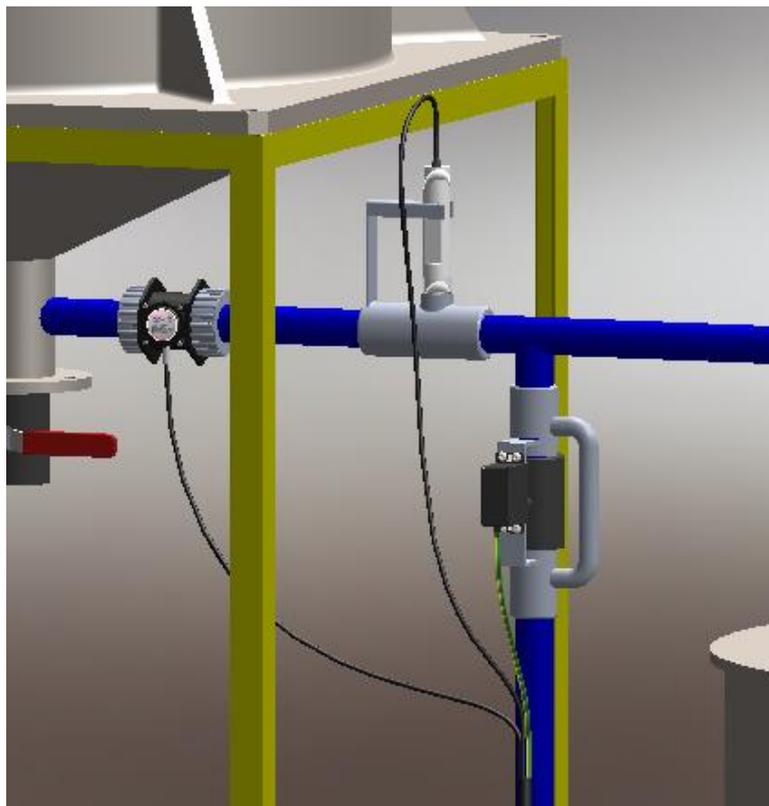
Gambar 4. 12 Visual Desain tampak Depan



Gambar 4. 13 Visual Desain tampak Isometri



Gambar 4. 14 Visual Desain Sensor pH pada Tangki Susu Kapur



Gambar 4. 15 pengendalian nira mentah dan susu kapur sebelum defekator 2



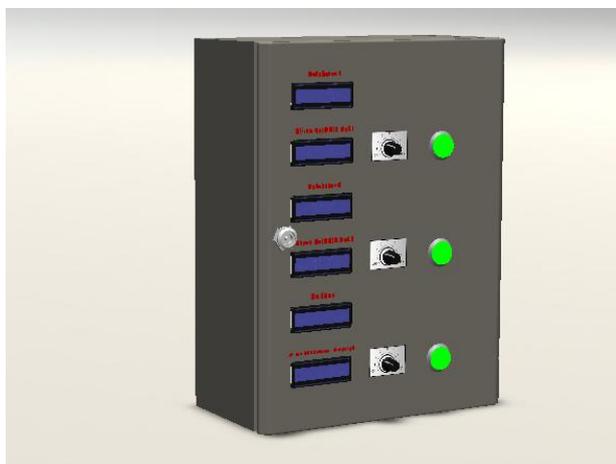
Gambar 4. 16 pengendalian nira mentah dan susu kapur sebelum defekator 1 (1)



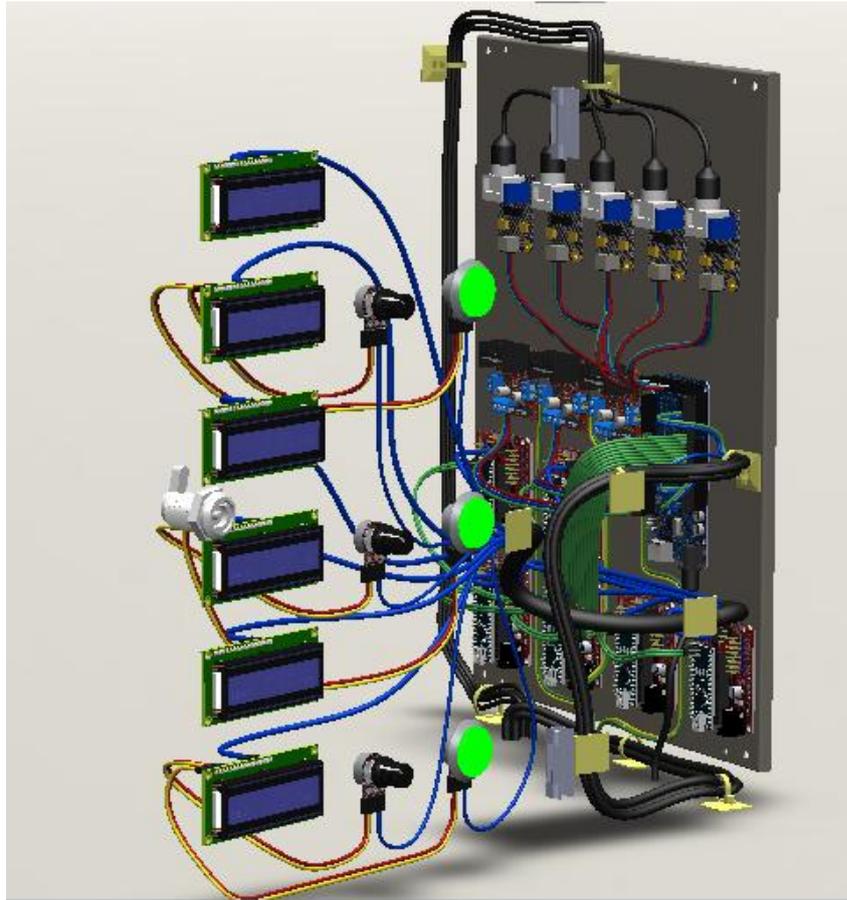
Gambar 4. 17 pengendalian nira mentah dan susu kapur sebelum defekator 1 (2)



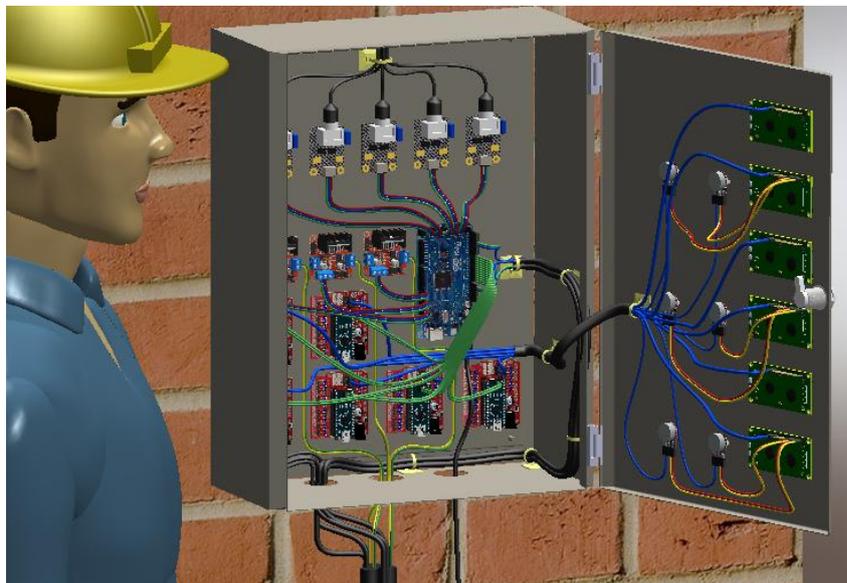
Gambar 4. 18 Tampak Depan untuk Monitoring pengendalian pH



Gambar 4. 19 Kotak Panel untuk Hardware pengendalian pH



Gambar 4. 20 Rangkaian hardware keseluruhan

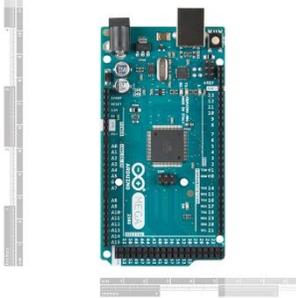


Gambar 4. 21 Posisi ketinggian kotak panel dengan operator

### 3. Spesifikasi Komponen dan Rancangan Anggaran Biaya

Selain visual desain dari rancangan alat, ditentukan juga spesifikasi setiap komponen yang dipakai dalam perancangan. Berikut spesifikasi komponen yang dipakai:

Tabel 4. 11 Harga dan spesifikasi komponen yang dipakai

| No. | Gambar Komponen   | Nama         | Spesifikasi  | Jumlah | Satuan | Harga Satuan | Biaya      |
|-----|---|--------------|--|--------|--------|--------------|------------|
| 1   |  | Arduino Mega | Microcontroller: ATmega2560<br>Operating Voltage: 5V<br>Input Voltage (recommended): 7-12V<br>Input Voltage (limits) : 6-20V<br>Digital I/O Pins : 54 (of which 15 provide PWM output)<br>Analog Input Pins: 16<br>DC Current per I/O Pin: 40 mA<br>DC Current for 3.3V Pin: 50 mA<br>Flash Memory : 256 KB of which 8 KB used by bootloader<br>SRAM : 8 KB<br>EEPROM: 4 KB<br>Clock Speed: 16 MHz | 1      | buah   | Rp 210.000   | Rp 210.000 |

| No. | Gambar Komponen   | Nama                     | Spesifikasi   | Jumlah | Satuan | Harga Satuan | Biaya      |
|-----|---|--------------------------|---|--------|--------|--------------|------------|
| 2   |    | Arduino Nano             | <p>Microcontroller: ATmega328<br/>           Operating Voltage (logic level): 5V<br/>           Input Voltage (recommended): 7-12V<br/>           Input Voltage (limits): 6-20V<br/>           Digital I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output)<br/>           Analog Input Pins: 8<br/>           DC Current per I/O Pin: 40mA<br/>           Flash Memory: 32KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader<br/>           SRAM: 2KB (ATmega328)<br/>           EEPROM: 1KB (ATmega328)<br/>           Clock Speed: 16 MHz<br/>           Dimensions: 43 x 18 x 19mm</p> | 7      | buah   | Rp 80.000    | Rp 560.000 |
| 3   |   | Motor Servo MG 996R      | <p>Dimension 40.7*19.7*42.9mm<br/>           Stall torque 10kg/cm<br/>           Operating speed 0.20sec/60degree(4.8v)<br/>           Operating voltage 4.8-7.2V</p>   | 3      | buah   | Rp 120.000   | Rp 360.000 |
| 4   |  | Driver Motor L298N Modul | <p>Logic Voltage 5V<br/>           Input Voltage 5-35 DC<br/>           Output Current 2A<br/>           Dimensions 43 mm x 43 mm</p>   | 3      | buah   | Rp 40.000    | Rp 120.000 |

| No. | Gambar Komponen  | Nama                   | Spesifikasi   | Jumlah | Satuan | Harga Satuan | Biaya        |
|-----|--|------------------------|---|--------|--------|--------------|--------------|
| 5   |   | Liquid pH Probe Sensor | <p>Testing Range:0-14pH<br/> Testing Temperature:0-80°C<br/> Zero Point : <math>7\pm 0.5</math>pH<br/> Error:&lt;15mV<br/> PTS:&gt;98<br/> Response Time:&lt;2min<br/> Resistance:&lt;250mΩ<br/> Repeatability:&lt;0.017<br/> Noise:&lt;0.5mV</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heating voltage:<math>5\pm 0.2</math>V (AC·DC )</li> <li>- Working current: 5-10mA</li> <li>- Concentration of detection range: PH0-14</li> <li>- Temperature of detection range: 0-80°C</li> <li>- Response time: <math>\leq 5</math>S</li> <li>- Stable time: <math>\leq 60</math>S</li> </ul> | 5      | buah   | Rp 180.000   | Rp 900.000   |
| 6   |  | pH Sensor Modul        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Component power consumption: <math>\leq 0.5</math>W</li> <li>- Working temperature: -10~50°C (standard tem:20°C)</li> <li>- Working humidity: 95%RH (standard humidity:65%RH)</li> <li>- Working life: 3 years</li> <li>- Dimension: 42mm×32mm×20mm</li> <li>- Weight: 25g</li> <li>- Output way: analog voltage signal output</li> </ul>  | 5      | buah   | Rp 450.000   | Rp 2.250.000 |

| No. | Gambar Komponen   | Nama                           | Spesifikasi   | Jumlah | Satuan | Harga Satuan | Biaya      |
|-----|---|--------------------------------|---|--------|--------|--------------|------------|
| 7   |    | Adaptor                        | Input : AC 100-240V 50/60Hz<br>Output: DC 12V 2 A   | 1      | buah   | Rp 40.000    | Rp 40.000  |
| 8   |    | Sensor Flowmeter               | -Range: 10-200L/min;<br>-working voltage: DC4.5-12V;<br>-rated voltage: DC5V;<br>-Output voltage(rated: DC 5V);<br>High level 4.5V and above; low level 0.5V and below<br>-Pulse output duty cycle: 50+-10%<br>-Insulation resistance: 100M Ohm and above;<br>-Tightness: Seal up all the holes, and inflate with 0.8MPa water, after 1 minute, no leakage and deformation;<br>-20-80 centigrade;<br>-Hydrostatic pressure: <= 1.75MPa meet | 3      | buah   | Rp 160.000   | Rp 480.000 |
| 9   |  | LCD 12C 16 x 02 +<br>LCD Modul | Back lit (Blue with White char color)<br>Supply voltage: 5V<br>Pcb Size : 60mm×99mm   | 7      | buah   | Rp 80.000    | Rp 560.000 |

| No. | Gambar Komponen   | Nama           | Spesifikasi            | Jumlah | Satuan | Harga Satuan | Biaya      |
|-----|---|----------------|------------------------|--------|--------|--------------|------------|
| 10  |    | Kabel Jumper   | M to M, M to F, F to F | 3      | paket  | Rp 50.000    | Rp 150.000 |
| 11  |    | Potensio Meter | 20K Ohm                | 3      | buah   | Rp 3.000     | Rp 9.000   |
| 12  |  | Push Button    | Warna Hijau            | 3      | buah   | Rp 1.000     | Rp 3.000   |

| No. | Gambar Komponen  | Nama                     | Spesifikasi  | Jumlah | Satuan | Harga Satuan       | Biaya              |
|-----|--|--------------------------|--|--------|--------|--------------------|--------------------|
| 13  |   | Valve                    | Ball Valve<br>Type: One Piece, Reduce Port<br>Brand: Sankyo<br>Size: 1"<br>Material: Stainless Steel 316<br>Pressure Rating: 10 Bar<br>Aplikasi: Air, Angin, Kimia | 3      | buah   | Rp 68.000          | Rp 204.000         |
| 14  |  | BoxPanel Listrik Standar | Box Panel 30 x 40 x 20 cm  | 1      | Buah   | Rp 205.000         | Rp 205.000         |
|     |  |                          |  |        |        | <b>Total Biaya</b> | <b>Rp6.051.000</b> |

Perbandingan performansi alat pengendali pH pabrik PT.Madubaru dan alat pengendali pH usulan dari parameter-parameter dalam proses pengendalian pH Nira seperti berikut:

Tabel 4. 12 parameter perbandingan alat

| No. | Parameter                            | Satuan            | Target   | Sebelum   | Perbaikan   | Usulan   |
|-----|--------------------------------------|-------------------|--|---|---|--|
| 1.  | Standar Nilai pH Nira Tebu di proses | Skala 0-14        | Nilai pH output terakhir untuk proses evaporasi Netral/7 | A. $7,2 \pm 0,25$<br>B. min. 9 max 9,5<br>C. $7,2 \pm 0,25$ | Penyesuaian dengan proses pemurnian metode filter press sehingga pada sulfitasi angka pH yang dihasilkan harus memiliki nilai 7 | A. $7,2 \pm 0,17$<br>B. min. 9 max. 9,5<br>C. $7,0 \pm 0,17$ |
| 2.  | Perlu perangkat komputer             | Perlu/tidak perlu | Tidak diperlukan perangkat komputer                      | Perlu   | Mengganti alat monitoring dan pengendalian operator dengan LCD kecil di bagian depan kotak panel alat                           | Tidak  |

Keterangan: A = Defekasi 1, B = Defekator 2, C= Sulfitasi

#### 4.2.4. Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat dari pengendalian pH otomatis ini terbagi menjadi 3 bagian yaitu input, proses dan output. Untuk cara kerja dari alat ini diawali dari flow sensor dan sensor pH yang ada di sebelum proses defekasi 1, defekasi 2 maupun sulfitasi melakukan pengukuran sehingga diperoleh input untuk diteruskan kedalam arduino mega. Kemudian ditempat lain sensor pH juga melakukan pengukuran disetiap tangki penampungan susu kapur dan belerang yang hasilnya di input kedalam arduino mega melewati modul pH. Selanjutnya arduino mega melakukan proses sesuai program dan rumus yang dimasukan dengan 3 parameter tadi (nilai pH larutan, debit nira dan nilai pH pelarut) untuk menentukan bukaan dari valve yang diperlukan melalui putaran yang dibutuhkan oleh motor servo. Lalu arduino mega memberikan perintah kepada motor servo putaran yang diperlukan, baru motor servo berputar membuka valve sesuai ukurannya.

Kemudian untuk pengendalian secara manual operator harus menekan dahulu tombol manual di papan pengendali untuk memindahkan mode otomatis kedalam mode manual.

Selanjutnya operator tinggal mengatur persentasi dari bukaan valve dengan memutarakan potensio meter agar pH yang dihasilkan dari output setiap proses sesuai dengan keinginan.

#### 4.2.5. Dampak Desain Alat Usulan

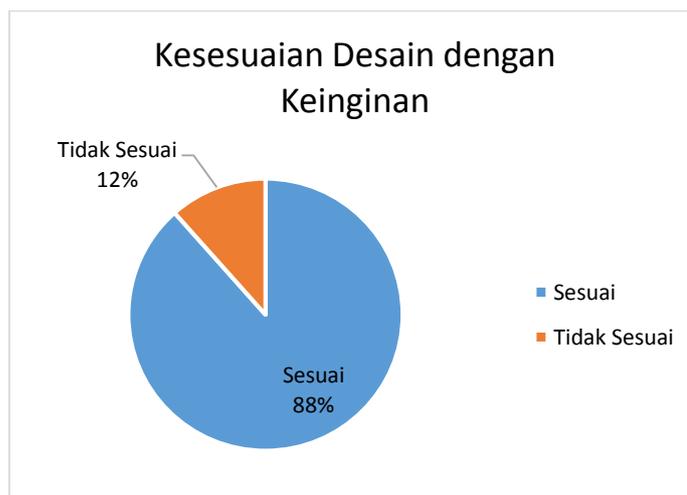
Dari hasil perancangan alat pengendalian pH yang diterapkan ke dalam proses pemurnian yang terdapat didalam truk memiliki dampak terhadap proses pemurnian yang dirancang yaitu:

1. Biaya pembuatan alat yang lebih murah yaitu Rp 6.051.000 dari pada pembuatan alat serupa dengan spesifikasi yang pabrik gunakan.
2. Dari segi penggunaan operator yang berkurang menjadi hanya membutuhkan 1 orang saja dan itu juga merupakan operator proses pemurnian keseluruhan dibandingkan dengan yang terjadi saat ini dimana untuk operator defektor 1 2 dan sulfitasi saja membutuhkan 2 orang operator yang mengendalikan pH proses tersebut.

#### 4.2.6. Uji Verifikasi Desain Usulan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan uji verifikasi kesesuaian dengan desain yang diinginkan dan marginal homogeneity. Berikut hasil pengujiannya:

- 1) Kesesuaian desain dengan keinginan



Gambar 4. 22hasil kesesuaian dengan keinginan

Berdasarkan hasil pengolahan kuesioner 3 tentang validasi, seperti pada gambar diatas 88% menyatakan desain usulan sesuai dengan keinginan yang diawal diidentifikasi. Sedangkan 12% lagi berpendapat kurang sesuai.

2) Kesesuaian sebelum dan sesudah desain

Tabel 4. 13 hasil SPSS uji Marginal Homogeneity

| <b>Fungsi yang Pengguna inginkan</b> | <b>Z Values (Asymp.Sig.(2-tailed))</b> |
|--------------------------------------|--|
| Akurasi pengendalian pH yang akurat  | 0,819                                  |
| Harga alat yang terjangkau           | 0,090                                  |
| mudah dioperasikan                   | 0,705                                  |
| dapat beroperasi otomatis            | 0,134                                  |
| mudah diperbaiki                     | 0,090                                  |

Uji kesesuaian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian desain yang diusulkan dengan kebutuhan pengguna terhadap alat pengendali pH Nira Tebu Pemurnian. Pada tingkat signifikansi sebesar 5% didapatkan hasil yang ditunjukkan oleh tabel 4.10. Hipotesis yang digunakan dalam uji kesesuaian sebagai berikut :

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kebutuhan pengguna dengan desain alat yang diusulkan

H1 : Terdapat perbedaan yang signifikan antara kebutuhan pengguna dengan desain alat yang diusulkan

Karena nilai hasil pengujian  $> 0,05$  maka Ho diterima, desain virtual sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dapat dikatakan semua kebutuhan pengguna yang didapatkan diawal saat identifikasi kebutuhan pengguna sebelum desain dan sesudah desain alat pengendali pH selesai sesuai dengan keinginan awal dan tidak ada perbedaan yang signifikan. Karena nilai Z dari tiap fungsi yang diinginkan pengguna lebih dari 0,05.