

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1. *Costumer Attribute (Kebutuhan Pengguna) Alat Pengendali pH*

Identifikasi kebutuhan pengguna di PT.Madubaru terhadap alat pengendalian pH produksi gula tebu menggunakan 2 tahap kuesioner. Identifikasi ini digunakan untuk menganalisis fungsi desain yang diinginkan. Hasilnya setelah dilakukan uji validasi dan reliabilitas terhadap data kuesioner dan penerjemahan masalah saat ini dan keinginan pengembangan alat didapatkan kebutuhan pengguna sebagai berikut:

1. Akurasi pengendalian pH yang akurat

Fungsi ini menunjukkan pengguna menginginkan alat pengendalian yang dirancang lebih stabil dalam arti dapat menyelesaikan masalah saat ini pada akurasi sensor pH yaitu peralatan yang mudah kotor menyebabkan pengukuran kurang akurat. Akibatnya terjadi variabilitas yang melebihi dari batas standar nilai pH yang telah ditentukan. Sensor pH yang mudah kotor perlu perancangan agar sensor tidak mudah kotor namun akurasi pengendalian tetap akurat. Pengguna menginginkan pengukuran yang dapat dilakukan secara real time baik dari aliran nira ataupun pengendalian campuran susu kapur  $\text{Ca(OH)}_2$  dan uap belerang  $\text{SO}_2$ .

2. Harga alat yang terjangkau

Fungsi desain ini penerjemahan dari masalah saat ini yaitu harga alat yang mahal dan kebutuhan pengguna untuk alat selanjutnya yang lebih murah. Artinya untuk mencapai harga alat yang murah dan terjangkau dapat dilakukan dengan mensubstitusi rangkaian saat ini dengan yang memiliki fungsi yang sama namun dengan harga yang lebih murah. Seperti penggantian komponen mikrokontroler

PLC seharga Rp 1.500.000 dengan Arduino yang lebih murah yaitu Rp 210.000 harganya.

3. Mudah dioperasikan

Artinya fungsi ini mengharapkan rancangan alat mudah untuk dioperasikan oleh pengguna serta operator tanpa mengurangi fungsi yang diharapkan. Fungsi ini didapatkan dari kebutuhan pengguna untuk mengurangi peran operator yang dapat digantikan dengan teknologi atau otomasi. Sehingga operator dapat melaksanakan pekerjaan yang lain yang lebih penting dan dibutuhkan. Kemudian kemudahan pengoperasian juga dapat menunjang akurasi dari pengukuran dengan bantuan monitoring yang dapat dimengerti oleh operator pada kotak panel.

4. Dapat beroperasi otomatis

Desain fungsi ini didapatkan dari masalah saat ini tentang pengurangan proses manual dan kebutuhan pengguna pada rancangan alat agar peroperasi otomatis dan tidak memerlukan operator untuk beroperasi mengendalikan pH nira tebu. Sehingga harapannya rancangan dari alat yang didesain dapat melakukan pengukuran input pH nira tebu secara otomatis kemudian melakukan proses perhitungan otomatis dan melakukan output terhadap bukaan valve dari susu kapur ataupun uap belerang secara akurat dan otomatis. Hal ini dapat dicapai dengan berbagai cara diantaranya dengan membuat rangkaian mikrokontroler untuk mengendalikan input dan output yang diinginkan.

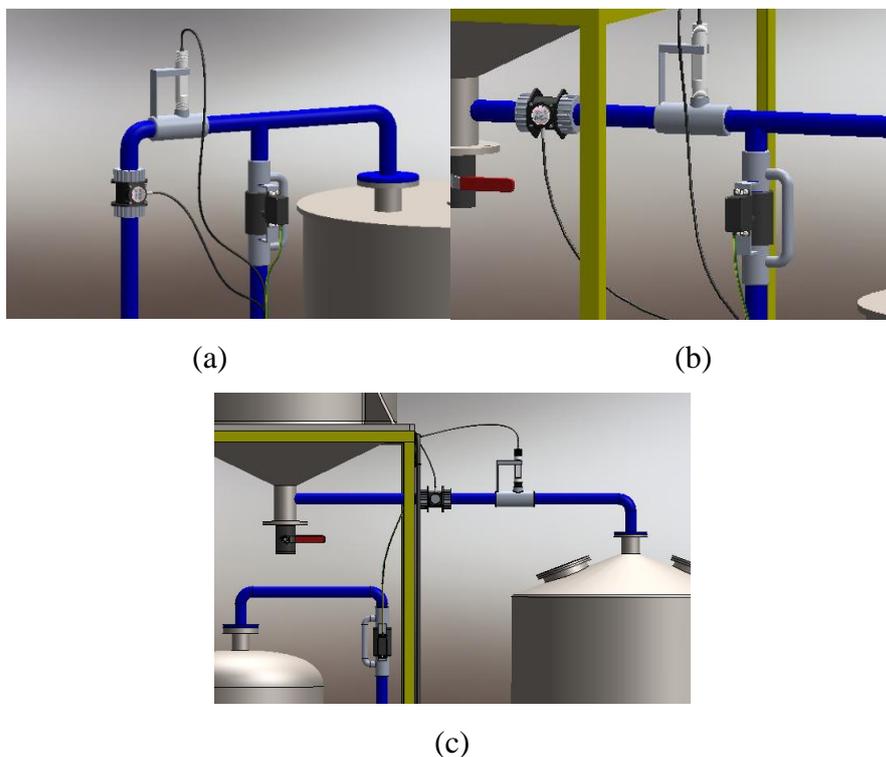
5. Mudah diperbaiki

Fungsi ini menunjukkan pengguna menginginkan rangkaian yang dibuat untuk alat dapat diperbaiki secara langsung oleh operator jika terjadi kerusakan ringan yang menyebabkan stabilitas pengukuran menurun tanpa memanggil teknisi ahli ke tempat produksi. Hal ini diperlukan mengingat tempat produksi yang akan diusulkan pada perancangan ulang proses bisnis adalah di ladang atau tempat bahan baku berada yang jauh dari perkotaan. Fungsi ini juga merupakan terjemahan dari masalah saat ini yaitu rangkaian yang kompleks di pabrik sehingga rumitnya maintenance yang harus dilakukan.

## 5.2. Desain Parameter berdasarkan *inventive principles* TRIZ

*Inventive principles* diperoleh dari pertemuan antara *improving feature* dan *worsening feature* suatu fungsi desain yang sudah diterjemahkan kedalam TRIZ. Dari pertemuan pada matrix TRIZ tersebut diperoleh alternative solusi secara konseptual dari *trade off* antara fitur yang ingin dikembangkan dan masalah yang diakibatkan jika fitur itu dikembangkan (*worsening feature*). Dari *inventive principles* tersebut dipilih konsep solusi yang sesuai dan dapat diterapkan pada rancangan produk untuk dibuat aplikasinya kedalam spesifikasi atau atribut produk. Berikut penerapan *inventive principles* dari setiap fungsi desain yang dipilih dalam perancangan ini:

### 1. Akurasi pengendalian pH yang akurat



Gambar 5. 1 (a) alat pengendalian pH sebelum proses defekasi 1 (b) pengendalian sebelum defekasi 2 (c) pengendalian sebelum sulfitasi

Untuk Fungsi akurasi pengendalian pH yang akurat, *inventive principle* yang dihasilkan *improving feature measurement accuracy* (28) dan *worsening feature speed* (9) adalah 28, 13, 32, 24. Solusi yang tepat dari TRIZ untuk rancangan alat dengan akurasi pengendalian pH yang lebih akurat dan stabil tanpa mengurangi kecepatan proses utama dari pemurnian adalah prinsip 24 *intermediary*

menggunakan operator atau proses sebagai perantara dan menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain (yang dapat dengan mudah dihilangkan). Solusi spesifik yang dilakukan adalah memasang sensor pengukur pH dan flowmeter larutan sebelum proses defekasi dan sulfitasi serta setelah proses sulfitasi. Diterapkan dengan menempelkan sensor pH dan flow pada pipa sebelum proses seperti pada gambar 5.1. lalu melaksanakan pengukuran pH larutan sebelum proses utama dilakukan pada bagian pemurnian. Kemudian melakukan pengukuran secara *real time* pada saluran pipa pemurnian beserta pencampurannya. Caranya dengan menggunakan mikrokontroler arduino sebagai pengatur input dan output dari setiap komponen. Sehingga disaat pengukuran flow dan pH nira dilakukan oleh sensor seketika itu juga sinyal listrik dari sensor memberikan input pada arduino dan memproses perhitungan yang tepat dan mengirimkan sinyal output pada motor servo yang menggerakkan bukaan valve sesuai dengan perhitungan yang dilakukan. Hal ini dilakukan agar pH yang terukur di pipa lebih stabil dibandingkan diukur disaat pada proses utama yaitu defekasi dan sulfitasi yang didalam proses tersebut terjadi proses pencampuran yang membuat nilai pH tidak tetap.

## 2. Harga alat yang terjangkau

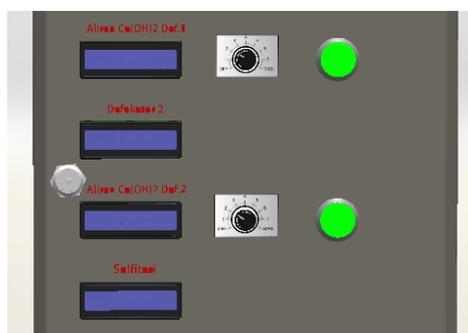


Gambar 5. 2 substitusi pneumatic valve dengan valve manual dan motor servo

Pada atribut harga alat yang terjangkau *invertive principle* yang dihasilkan dari *improving feature ease of manufacture* (32) dengan *worsening feature quantity of substance/matter* (26) adalah 35, 23, 1, 24. Solusi yang tepat dari TRIZ untuk mendapatkan harga alat yang terjangkau sehingga mudah untuk dibuat dengan sumber daya yang ada tanpa dengan mengurangi kualitas dari komponen penyusun alat adalah prinsip 1. *Segmentation* (*Segmentasi*) membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian tersendiri. Solusi spesifik yang dilakukan mengganti komponen *pneumatic valve* yang biasa dipakai untuk mengatur besar aliran  $\text{CaOH}_2$  dan uap  $\text{SO}_2$  dengan menggabungkan komponen *motor servo* yang dapat melakukan putaran dan *manual ball valve* seperti gambar 5.2 sehingga

memiliki prinsip kerja yang sama seperti *pneumatic valve* yang beroperasi otomatis namun lebih mudah untuk dibuat. Karena komponen *motor servo* dan *manual ball valve* ukuran 2 inch lebih mudah dibuat dan dibeli dan lebih mendukung arduino sebagai pengatur *motor servo* serta harga yang lebih murah. Dibandingkan *pneumatic valve* yang kurang cocok untuk kapasitas proses pemurnian yang akan dibuat dan memerlukan media gas agar *pneumatic valve* dapat bekerja yang artinya menambah biaya operasional. Sehingga dengan solusi tersebut diperoleh harga yang lebih murah daripada harga alat saat ini dan kebutuhan pengguna terpenuhi.

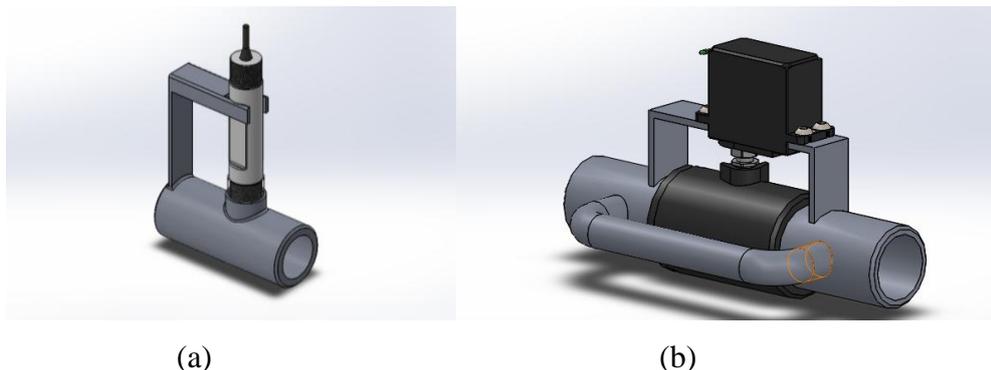
### 3. Mudah dioperasikan



Gambar 5. 3 antarmuka untuk pengendalian oleh operator

Pada atribut mudah dioperasikan *invertive principle* yang dihasilkan dari *improving feature ease of operation* (33) dan *worsening feature measurement accuracy* (28) adalah 25,13,2,34. Solusi yang tepat berdasarkan TRIZ untuk fungsi alat mudah dioperasikan oleh operator secara manual sewaktu-waktu dengan mudah disamping beroperasi secara otomatis tanpa menurunkan akurasi dan stabilitas dari pengaturan pH karena takaran yang tidak tepat oleh operator adalah prinsip 25.*Self-service*. Yaitu membuat sebuah objek atau sistem melakukan pelayanan sendiri dengan melakukan fungsi tambahan yaitu membantu. Solusi spesifik yang diterapkan adalah menambahkan pengendalian semi manual untuk operator dengan menyediakan tombol *switch* pengendalian manual/otomatis dan pengaturan bukaan *valve* sesuai dengan rekomendasi perhitungan dari parameter-parameter yang terukur melalui sensor di Layar digital LCD. Bentuk pengaturan bukaan *valve* diatur agar dapat dibatasi dan sesuai dengan ukuran dengan menggunakan *potensio meter* dan ditampilkan di layar LCD seperti pada gambar 5.3.

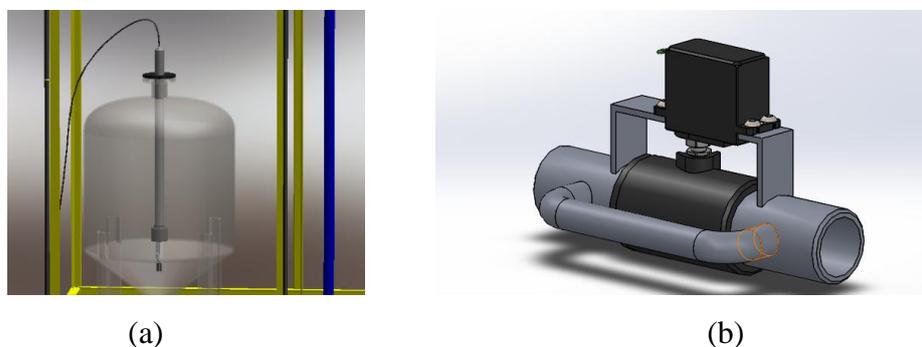
## 4. Dapat beroperasi otomatis



Gambar 5. 4 (a) sensor pH yang dapat dibersihkan sewaktu-waktu (b) valve dengan safety flow pipa bercabang

Pada atribut mudah dioperasikan *inventive principle* yang dihasilkan dari *improving feature extent of automation* (38) dan *worsening feature strength* (14) adalah 25,12. Dari 2 *inventive principle* tadi dipilih Prinsip 13. *The other way round* dengan konsep membuat part atau komponen yang permanen dan komponen yang tetap menjadi dapat di pindahkan sewaktu-waktu. Solusi spesifik yang dilakukan seperti gambar 5.4 yaitu merancang sensor pH agar dapat diganti jika terjadi kerusakan pengukuran, sehingga rancangan dibuat agar sensor pH berbentuk silinder dapat dilepas dari pipa tanpa membongkar komponen lainnya. Kemudian menggunakan *manual ball valve* yang ditempel *motor servo* agar selain beroperasi otomatis dapat juga manual dengan melepas *motor servo* dari *valve*. Jadi *motor servo* dipasang pada *valve* namun tidak permanen, hal ini untuk menjaga saat terjadi kerusakan pada rangkaian yang membuat *motor servo* tidak berfungsi.

## 5. Mudah diperbaiki



Gambar 5. 5 sensor pH di tangki susu kapur/SO<sub>2</sub> yang dapat dilepas (b) motor servo pada valve yang dapat dilepas

Pada atribut mudah diperbaiki, hal yang ingin ditingkatkan adalah alat yang dapat diperbaiki dengan mudah jika terjadi kerusakan sederhana oleh operator. Namun hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan kompleksitas rangkaian yang harus lebih sederhana dan hambatannya juga operator harus memahami rangkaian keseluruhan alat. Jika diterjemahkan *improving feature* dari fungsi ini adalah *ease of repair* (34) dan *worsening feature device complexity* (36). *Inventive principle* dari 2 feature ini adalah 35,1,13,11. Dari *inventive principle* tersebut dipilih prinsip 11.*beforehand cushioning* dan prinsip 1.*segmentation* yang cocok untuk diterapkan pada rancangan. Prinsip 1.*Segmentation* yaitu membuat objek lebih mudah untuk di bongkar pasang. Solusi spesifiknya adalah merancang sensor pH yang dapat di bongkar pasang seperti gambar 5.5 (a) pada tangki CaOH<sub>2</sub>. Lalu prinsip 11.*Beforehand cushioning* yaitu menyiapkan tindakan pengamanan dalam melakukan uji coba dari objek atau sistem. Solusi spesifik yang dilakukan menambahkan saluran bercabang di pipa aliran CaOH<sub>2</sub> ataupun SO<sub>2</sub> yang tidak melewati *ball valve motor servo* agar saat perbaikan alat proses defekasi dan sulfitasi tetap dapat berjalan seperti gambar 5.5 (b). Mekanisme ini sama seperti *pneumatic valve* dimana didalam alat itu terdapat aliran konstan yang tidak dipengaruhi oleh bukaan *valve*. Lalu penambahan lampu indikator setiap komponen sebagai tanda komponen hidup/mati. Penambahan lampu indikator ini untuk mempermudah perbaikan yang akan dilakukan dengan melihat komponen yang mati saat terjadi kerusakan.

### 5.3. Analisis Verifikasi Desain Usulan

Dari penyebaran kuesioner pada pengguna alat pengendali pH didapatkan 2 hasil yaitu persentase kesesuaian desain dan verifikasi desain yang diusulkan dengan kebutuhan pengguna pada awal sebelum desain usulan dibuat. Hasil pertama didapat dari total 26 responden karyawan yang terlibat dalam proses pengendalian pH. 88% menyatakan sesuai. Alasan yang didapat 12% karyawan tidak sesuai diantaranya adaptasi yang diperlukan untuk memahami kembali alat oleh operator, perhitungan kimia untuk penentuan racikan pencampuran yang belum teruji dan performansi alat sebenarnya.

Kedua dengan menggunakan uji validitas *marginal homogeneity* diperoleh bahwa 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. Dengan nilai Z Akurasi pengendalian pH yang akurat 0,819, Harga alat yang terjangkau 0,090, mudah dioperasikan 0,705, dapat beroperasi otomatis 0,134 dan mudah diperbaiki 0,090. Namun masih banyak yang memiliki nilai Z yang mendekati 0,05 yang menandakan masih ada sedikit ketidaksesuaian dan dapat disempurnakan seperti kebutuhan pengguna dari harga alat yang perlu diuji dengan pembuatan secara fisik dan mudah diperbaiki yang harus dilakukan eksperimen lebih lanjut.