

OPTIMASI JENIS, KONSENTRASI, DAN VOLUME AIR PEMBILASAN PADA BAHAN PEMBERSIH UNTUK PROSES *CLEANING* TERHADAP LINE PROSES PRODUKSI MINUMAN PASTEURISASI MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*

Jaka Rukmana¹, Muhammad Taufiq Akbar¹, Yusep Ikrawan¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudhi No.193, Bandung, 40153, Indonesia

Email: jakarukmana@unpas.ac.id

Abstrak

Clean In Place (CIP) adalah suatu rangkaian proses yang meliputi sirkulasi larutan pencuci dalam suatu jalur yang tidak memerlukan pembongkaran alat terlebih dahulu. Sehingga diperlukan untuk mengetahui kondisi optimum pada jenis dan konsentrasi bahan pembersih dalam proses *cleaning* terhadap line proses produksi minuman pasteurisasi, sehingga manfaat yang diharapkan pada hasil penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil analisis uji pH, TPC (*Total Plate Count*) pada sampel hasil *cleaning*, analisis swab test pada mesin penampungan, analisis swab test pada mesin pencampuran, dan analisis swab test pada kran akhir terhadap proses *cleaning* pada line proses di Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan, dalam hal ini bahan pencuci yang digunakan yaitu jenis bahan kimia asam berupa HNO₃, jenis bahan kimia basa berupa NaOH, dan volume air pada pembilasan. Jenis bahan kimia asam HNO₃ yang digunakan konsentrasi 0,5%-1,0% dalam 15L air bersih, jenis bahan kimia basa NaOH yang digunakan konsentrasi 1%-1,5% dalam 15L air bersih, dan volume air pembilasan yang digunakan sebesar 15L-30L. Berdasarkan hasil optimasi dengan metode RSM-Box-Behnken Design, didapatkan kondisi optimum adalah konsentrasi asam HNO₃ sebanyak 0,5%, konsentrasi basa NaOH sebanyak 1,0%, dan volume air pembilasan sebanyak 30L. Nilai uji pH, TPC pada sampel air panas setelah pencucian, swab test pada mesin penampungan, swab test pada mesin pencampuran, dan swab test pada kran akhir yang didapatkan secara berturut-turut adalah 7,39, $-9,55 \times 10^4$ cfu/ml, $-1,26 \times 10^4$ cfu/ml, $-1,39 \times 10^4$ cfu/ml, dan -1365,0 cfu/ml.

Kata Kunci : CIP, Konsentrasi, Jenis, *Cleaning*, metode RSM-Box-Behnken

Abstract

Clean In Place (CIP) is a series of processes that include circulating the washing solution in a path that does not require disassembly of the tool first. So it is necessary to determine the optimum conditions on the type and concentration of cleaning agents in the cleaning process of the pasteurized beverage production line, so that the expected benefits from the results of this study are to obtain the results of the pH test analysis, TPC (Total Plate Count) on the cleaning samples, analysis Swab Test on the storage machine, analysis of the swab test on the mixing machine, and analysis of the swab test on the final faucet on the cleaning process at the Food Technology Study, Faculty of Engineering, Pasundan University, in this case the type used is the type of acid chemical in the form of HNO₃, the type of chemical base in the form of NaOH, and the volume of water on rinsing. The type of chemical acid HNO₃ used is 0,5%-1,0% concentration in 15L clean water, the type of alkaline chemical NaOH used is 1%-1,5% concentration in 15L clean water, and the volume of rinse water used is 15L-30L. Based on the optimization results using the RSM Box-Behnken Design Methodology, it was found that the optimum conditions were 0,5% HNO₃ acid concentration, 1,0% NaOH base concentration, and 30L rinsing water volume. The test values for pH, TPC on hot water samples after washing, swab test on storage machine, swab test on mixing machine, and swab test on final faucet which were obtained were 7,39, $-9,55 \times 10^4$ cfu/ml, $-1,26 \times 10^4$ cfu/ml, $-1,39 \times 10^4$ cfu/ml, and -135,0 cfu/ml.

Keywords: CIP, Concentration Type, *Cleaning*, RSM Box-Behnken Methodology

1. Pendahuluan

Pada Line Proses produksi minuman harus dibersihkan sekali sehari atau sebelum dilakukan proses

produksi minuman untuk mematuhi peraturan kebersihan atau GMP (*Good Manufacturing Product*) biasanya dilakukan dengan prosedur proses CIP (*Cleaning In Place*) tanpa dilakukannya pembongkaran alat terlebih

dahulu. Prosedur *Cleaning* yang tepat, yaitu larutan dari bahan kimia yang sesuai dan cairan pembilas ditampung pada penampungan bahan kemudian cairan pembilas dipompa melalui unit proses selanjutnya sampai permukaan yang bersentuhan dengan produk berada dalam kondisi sedemikian rupa sehingga tidak ada efek pada produk berikutnya, baik dalam rasa, bau, kualitas mikrobiologis, fisik, atau kimia.

Pengendalian kualitas terkait GMP yaitu sistem jaminan mutu yang berdasarkan kepada kesadaran bahwa bahaya yang timbul pada berbagai titik atau tahap produksi tertentu, tetapi dapat dilakukan pengendaliannya untuk mengontrol bahaya bahaya tersebut mengenai antisipasi dan identifikasi titik pengawasan yang mengutamakan kepada tindakan pencegahan dengan cara *Cleaning* berbahan kimia menggunakan zat asam dan basa. Pada pengujian produk akhir, bukan merupakan suatu sistem jaminan mutu keamanan pangan yang tanpa resiko, tetapi dirancang untuk meminimalkan resiko bahaya keamanan pangan dengan bertujuan untuk sistem pengendalian mutu sejak bahan baku dipersiapkan sampai produk akhir yang sudah jadi dan siap dikonsumsi.

Cleaning yaitu memiliki sifat pembersih pada objek membersihkan kotoran hingga objek tertentu yang memiliki sifat menempel pada permukaan mesin produksi, hanya saja pada proses *cleaning* tidak dapat mematikan kuman atau bakteri yang terdapat pada permukaan mesin produksi, proses *cleaning* dapat menggunakan berupa bahan dasar zat kimia asam dan basa dengan menggunakan HNO_3 dan NaOH , media air bersih dan bisa juga menggunakan air panas.

Natrium Hidroksida atau biasa disebut NaOH yaitu berupa senyawa kimia dengan alkali tinggi yang memiliki sifat bahan pembersih basa dimana pada kandungan asam laktat pada susu yang dinetralsir oleh NaOH , pada umumnya susu segar dapat berupa bakteri atau mikroba yang mencemari dapat memecahkan gula susu (Laktosa) menjadi asam laktat. Pada HNO_3 merupakan cairan tak berwarna berupa zat asam yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan *cleaning* yang dapat melarutkan lemak dalam susu akibat terdenaturasi oleh protein sehingga dapat menyumbat pada saluran line proses produksi minuman, adapun kegunaan lain pada zat HNO_3 yaitu dapat menghilangkan berupa kerak pada bagian dalam.

Penggunaan metode pencucian secara otomatis dimungkinkan untuk mesin produksi susu atau minuman, metode pencucian otomatis yang digunakan disebut juga sebagai metode CIP (*Cleaning In Place*) dengan bertujuan untuk menghilangkan hasil sisa dari proses produksi yang dilakukan sehingga ketika dilakukan proses *Cleaning* dapat membersihkan pada bagian line proses produksi minuman dan dapat memperpanjang umur pemakaian peralatan produksi minuman yang digunakan. Dampak yang terjadi ketika tanpa adanya proses *Cleaning* mengakibatkan pada saat melakukan produksi minuman terdapat bakteri dan patogen yang

tersisa pada permukaan bagian dalam line produksi masih menempel terbawa oleh sampel yang akan digunakan yaitu susu, sehingga dapat mengakibatkan terkontaminasi pada produk susu tersebut menjadi tidak dapat dikonsumsi. Pada metode CIP banyak digunakan sebagai metode pembersihan dan sanitasi di industry susu, CIP adalah suatu rangkaian proses yang meliputi sirkulasi larutan pencuci dan disinfeksi dalam suatu jalur yang tidak perlu pembongkaran terlebih dahulu (Spreer, 1998).

Produk susu merupakan sumber potensial dari mikroorganisme yang dapat mengakibatkan pembusukan dan patogen. Terdapat bakteri yang mencemari produk susu diketahui berasal dari mesin dan alat produksi (Marriot, 2018). Berkaitan dengan hal tersebut. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 23/MEN/SK/I/1978 tentang pedoman bagaimana cara produksi yang baik dan benar untuk makanan menyebutkan bahwa alat dan perlengkapan yang digunakan untuk memproduksi makanan harus dibuat perencanaan yang memenuhi standart persyaratan mutu dan hygiene. Lebih lanjut dinyatakan bahwa alat dan perlengkapan yang akan digunakan tidak mencemari hasil produksi berupa jasad renik, unsur atau fragmen logam yang lepas, minyak pelumas, bahan bakar dan lain-lain. Untuk memenuhi standar persyaratan tersebut, *Cleaning* mesin proses produksi harus dilakukan, dikarenakan dapat terjadi berupa hasil akhir yang diharapkan dari proses *Cleaning* adalah permukaan mesin yang bersinanggungan langsung dengan produk susu bebas dari residu dan mikroorganisme hidup.

Kandungan zat tinggi pada susu menyebabkan susu menjadi media yang cocok untuk pertumbuhan bakteri. Bakteri pada susu dapat berkembang sangat cepat sehingga menyebabkan susu mudah rusak dan tidak layak untuk di konsumsi (Septiani, 2014). Salah satu cara yang dapat mempertahankan kondisi susu agar tetap sehat dengan kondisi pH dan jumlah mikroorganisme terjaga adalah dengan menggunakan proses pasteurisasi (Triwidyastuti, 2018).

Pada penelitian ini belum didapatkan konsentrasi bahan pembersih yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat memberikan hasil pencucian yang tidak efektif sehingga perlu dilakukan optimasi konsentrasi bahan pembersih untuk memperoleh hasil pencucian yang efektif dengan biaya yang minimal. Optimasi proses pencucian meliputi optimasi konsentrasi bahan pembersih asam dan basa dengan menggunakan NaOH dan HNO_3 pada line proses produksi susu. Diharapkan dengan penentuan level konsentrasi bahan pembersih dapat menurunkan biaya yang dikeluarkan untuk proses *cleaning* tetapi tetap diperoleh hasil pencucian yang baik ditinjau dari segi mikrobiologi.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis, konsentrasi dan volume air bahan pembersih yang optimum untuk proses *cleaning* pada line proses produksi minuman pasteurisasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah : Melakukan optimasi konsentrasi, jenis dan volume air yang optimal pada bahan pembersih untuk *Cleaning* terhadap line proses produksi minuman pasteurisasi, Mempelajari proses CIP pada line proses produksi minuman pasteurisasi, Melakukan evaluasi secara fisik dan mikrobiologi terhadap hasil optimasi konsentrasi bahan pembersih pada line proses produksi minuman pasteurisasi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam proses *cleaning* yaitu bahan pembersih asam (HNO_3), dan bahan pembersih basa (NaOH) yang diperoleh dari PT. Brataco Antapani kota Bandung, air panas (98°C) diperoleh dari air pada laboratorium Mesin dan Peralatan Industri Pangan yang telah melalui proses pemanasan dan air (27°C) yang digunakan adalah air berkualitas air minum. Bahan yang digunakan untuk analisis kimia yaitu akuades, indikator fenolftalein, larutan HCl 2N, dan larutan NaOH 1N.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ember bahan pembersih asam (kapasitas 50 liter), ember bahan pembersih basa (kapasitas 50 liter), dan konduktivimeter. Alat-alat yang digunakan untuk analisis yaitu pipet mohr, pipet tetes, gelas kimia, labu Erlenmeyer, pH meter, spatula, botol schott, cawan petri, tabung reaksi, tabung media, timbangan, inkubator, autoclave, dan sarung tangan

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan menentukan optimasi yang tepat dari berbagai formulasi jenis, konsentrasi dan volume air yang paling optimum menggunakan *Respon Surface Methods* pada aplikasi MiniTab. Setelah diperoleh konsentrasi bahan pembersih yang optimal untuk *cleaning*, akan dilakukan *swab test* untuk pengujian TPC setelah proses terakhir dilakukan. *Swab test* dilakukan setelah dilakukan proses *cleaning* menggunakan konsentrasi bahan pembersih optimal. Hasil yang telah dilakukan pada proses *cleaning* yang akan diamati ditinjau dari segi mikrobiologi yaitu melalui *swab test* yang dilanjutkan dengan pengujian *Enterobacteriaceae*.

Penelitian utama dilakukan dengan mengetahui hasil dari jenis, konsentrasi dan volume terhadap proses *cleaning* pada line proses produksi minuman pasteurisasi yang optimal dari formulasi yang telah dirunning sebanyak 15 eksperimen. Proses *cleaning* yang digunakan merupakan hasil dari running berdasarkan aplikasi Mini Tab 21.0 kemudian didapatkan 15 formulasi sehingga dilakukan uji pH, pengukuran Suhu, uji *Escherichia Coli*, dan uji *Enterobacteriaceae*. Untuk melihat hasil optimal tersebut, menggunakan Boh- Behnken Experimental Design.

Respon pada penelitian ini yaitu meliputi : Respon mikrobiologi yang dilakukan pada proses *cleaning* yaitu uji *enterobacteriaceae* menggunakan metode , uji *Escherichia Coli* menggunakan metode , dan *Swab Test*, Respon fisik yang dilakukan pada proses

cleaning yaitu pengukuran suhu menggunakan termometer, dan pengukuran pH menggunakan pH meter.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa semakin sering dilakukannya proses *cleaning* maka jumlah koloni yang tumbuh pada mesin pilot plan semakin rendah pertumbuhan mikroba. Hal ini dapat diketahui dari perhitungan jumlah koloni yang tumbuh pada cawan dimulai dari pengenceran pertama, pengenceran kedua, dan pengenceran ketiga pada run 9 (konsentrasi HNO_3 0,5%, konsentrasi NaOH 1,25%, dan volume air 30 L) yaitu didapatkan rata – rata pH sebesar 7,08, jumlah koloni yang tumbuh pada sampel sebesar $1,8 \times 10^3$ cfu/ml, jumlah koloni yang tumbuh pada mesin penampungan menggunakan swab test sebesar $< 1 \times 10^2$ cfu/ml, jumlah koloni yang tumbuh pada mesin pencampuran menggunakan swab test sebesar $< 1 \times 10^2$ cfu/ml, dan jumlah koloni yang tumbuh pada pipa bagian akhir sebesar $< 1 \times 10^2$ cfu/ml. Kemudian jumlah pertumbuhan mikroba tertinggi pada run 3 (konsentrasi HNO_3 1%, konsentrasi NaOH 1,50%, dan jumlah volume air 22,5 L) yaitu didapatkan nilai rata – rata pH sebesar 3,66, jumlah koloni yang tumbuh pada sampel sebesar $5,81 \times 10^5$ cfu/ml, jumlah koloni yang tumbuh pada mesin penampungan menggunakan swab test sebesar 8×10^1 cfu/ml, jumlah koloni yang tumbuh pada mesin pencampuran menggunakan swab test sebesar $1,5 \times 10^1$ cfu/ml, jumlah koloni yang tumbuh pada pipa bagian akhir sebesar 6×10^2 cfu/ml.

Ketika dilakukannya proses *cleaning* dengan menggunakan larutan NaOH maka akan membentuk reaksi penyabunan yang dapat merusak ikatan lemak dengan protein untuk membentuk senyawa yang mudah larut dalam air (Elliot, 1980). Konsentrasi larutan basa akan menentukan proses *cleaning* yang secara efektif dan efisien sehingga sangat bermanfaat dikarenakan harganya murah dan mampu memecah protein melalui aksi ion hidroksil, mensaponifikasi lemak, dan pada konsentrasi tinggi dapat bersifat bakterisidal. Pada bahan pembersih asam digunakan untuk melarutkan mineral (Elliot, 1980). Bahan pembersih asam khususnya efektif untuk membersihkan mineral yang telah terbentuk akibat dari penggunaan bahan pembersih basa atau pembersih yang lain sehingga dapat menetralkan pH setelah dilakukannya proses *cleaning*. Mineral yang menempel ini dapat menempel pada permukaan logam dan tampak seperti karat atau kerak putih (Marriott, 1999). Optimasi dilakukan menggunakan metode *Response Surface Method* (RSM), yaitu *Box-Behnken Design* sesuai dengan kombinasi pada Tabel 9

Optimasi kondisi proses pada proses *cleaning* dilakukan menggunakan 3 variabel bebas yaitu variabel konsentrasi HNO_3 (x_1), konsentrasi NaOH (x_2), volume air pembilasan (x_3). Respon (y) yang akan dianalisis adalah uji pH pada sampel air panas yang telah melalui proses *cleaning* (y_1), Total Plate Count pada sampel air

panas yang telah melalui proses *cleaning* (y_2), Hasil dari pengujian Swab Test total mikroba spesifik *enterobacteriaceae* pada Mesin Penampungan (y_3), Hasil dari pengujian Swab Test bakteri spesifik *Enterobacteriaceae* pada Mesin Pencampuran (y_4), Hasil dari pengujian Swab Test bakteri spesifik *Enterobacteriaceae* pada Kran Sampel (y_5).

Tabel 1. Formula yang dihasilkan RSM-Box-Behnken Design

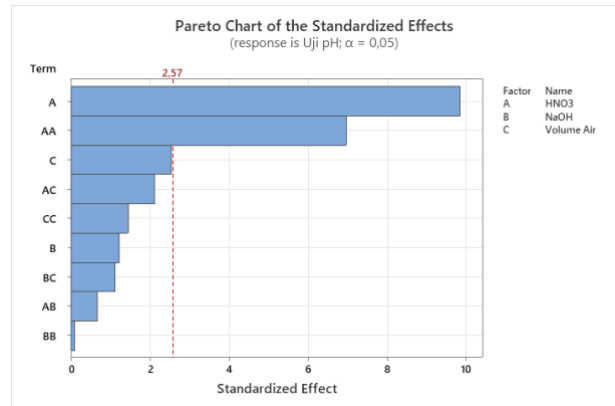
Perlakuan	Jumlah Konsentrasi Asam (x_1)	Jumlah Konsentrasi Basa (x_2)	Jumlah Volume Air (x_3)
Run 1	0,50%	1,50%	22,5 L
Run 2	1%	1,25%	30 L
Run 3	1%	1,50%	22,5 L
Run 4	1%	1%	22,5 L
Run 5	0,75%	1%	15 L
Run 6	0,75%	1,25%	22,5 L
Run 7	0,50%	1,25%	15 L
Run 8	0,50%	1%	22,5 L
Run 9	0,50%	1,25%	30 L
Run 10	0,75%	1,50%	15 L
Run 11	0,75%	1,25%	22,5 L
Run 12	0,75%	1,25%	22,5 L
Run 13	0,75%	1,50%	30 L
Run 14	0,75%	1%	30 L
Run 15	1%	1,25%	15 L

3.1. PH Air Panas Setelah Pencucian

Pengukuran pH Air panas setelah pencucian dilakukan untuk mengetahui derajat keasaman pada setiap kombinasi perlakuan yang dilakukan. Acuan yang digunakan untuk mengetahui standar pH berdasarkan persyaratan mutu air minum menurut departemen kesehatan Republik Indonesia, nilai pH air minum berkisar antara 6,5 sampai 9 dan warna air minum jernih (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1998).

Berdasarkan tabel anova P value yang diperoleh secara signifikan yaitu 0,003 ($p < 0,05$). Hal ini menandakan bahwa model yang digunakan menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan respon dengan baik. Oleh karena itu, tidak diperlukan model lain melalui metode RSM seperti *Central Composite Design* (CCD).

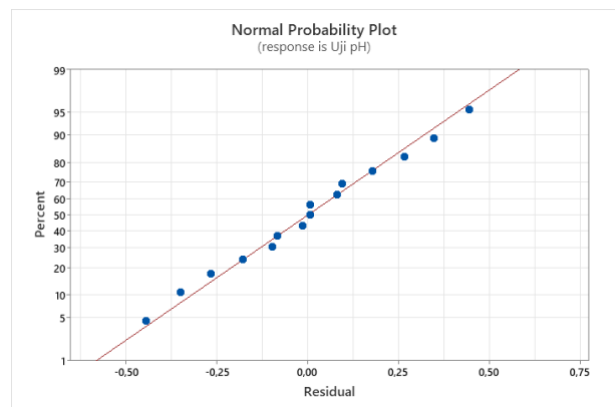
Persamaan regresi yang didapatkan tidak signifikan pada model yang digunakan adalah persamaan regresi interaksi antar variabel (*2-way interaction*) karena memiliki p value sebesar 0,222 ($p > 0,05$). Variabel yang berkontribusi besar dalam persamaan regresi interaksi antara variabel adalah AC, karena memiliki p value 0,087 ($p < 0,05$).



Gambar 1. Grafik Pareto Uji PH

Berdasarkan grafik Pareto pada gambar 1, variabel yang berpengaruh signifikan terhadap respon pH air panas setelah pencucian adalah interaksi antara variabel A, A dan A. Hal ini sesuai dengan tabel ANOVA nilai pH air panas setelah pencucian. Variabel selanjutnya yang berkontribusi dalam model meskipun tidak signifikan adalah C, AC, CC, B, BC, AB, dan BB. Urutan tersebut diperoleh dari p value yang mendekati nilai 0,05 hingga menjauhi nilai 0,05. P value dari *lack of fit* kurang dari 0 ($p < 0,05$), sehingga mendeteksi adanya *lack of fit*. Artinya model yang digunakan belum cukup untuk mengamati pengaruh variabel bebas terhadap respon nilai pH air panas setelah pencucian.

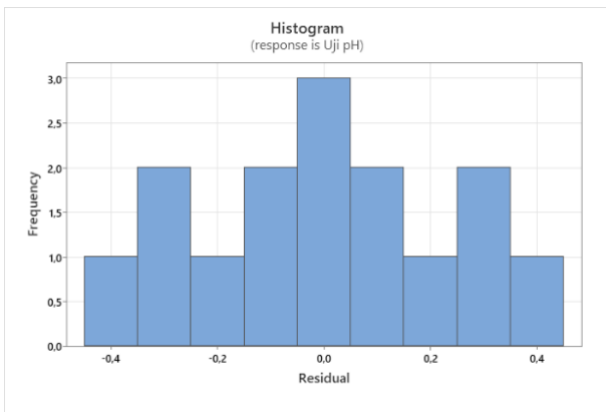
Model persamaan regresi kuadratik multivarian digunakan untuk mendapatkan variabel yang optimum pada nilai pH air panas setelah pencucian (Alman-Abad, dkk, 2020).



Gambar 2. Normally Probability Plots uji pH

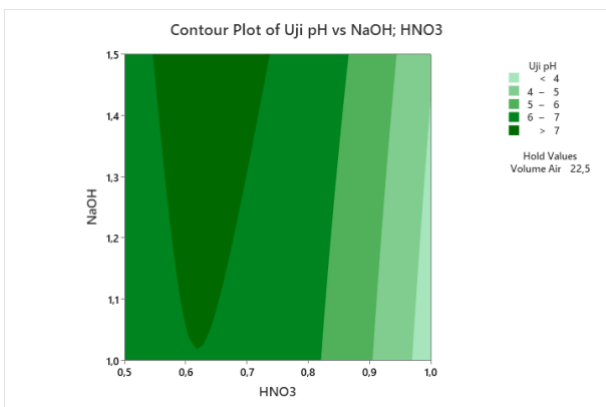
Residual plots dibutuhkan untuk memastikan ulang kelayakan model regresi yang digunakan. Berdasarkan gambar 2, dapat diketahui bahwa grafik *normally probability plot* memiliki *plot* yang tersebar normal di sekitar garis normal.

Grafik *histogram* memiliki data yang tersebar normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model persamaan regresi kuadratik multivarian sudah cukup untuk mendeskripsikan pengaruh variabel terhadap pH air panas setelah pencucian.



Gambar 3. Histogram respon uji pH

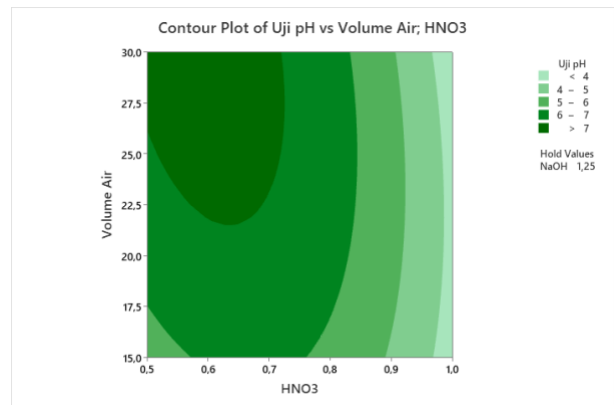
Grafik dibutuhkan untuk melihat interaksi antar variabel dan respon pH air panas setelah pencucian secara jelas. Grafik tersebut dikembangkan dari model persamaan regresi kuadratik multivarian diatas. Berikut adalah grafik hubungan antar variabel dan respon pH air panas setelah pencucian.



Gambar 4. Contour Plot uji pH terhadap NaOH; HNO₃

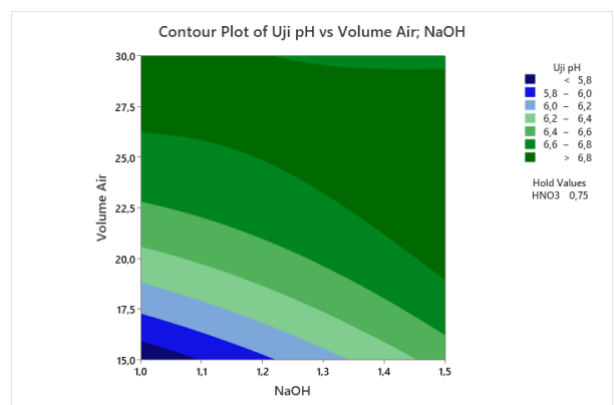
Gambar 4 merupakan grafik hubungan konsentrasi HNO₃ dan konsentrasi NaOH terhadap pH air panas setelah pencucian. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas pH dengan kombinasi HNO₃ dan NaOH yang berbeda. Grafik Contour Plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas pH lebih besar dari 7, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai pH kurang dari 4. Hal ini disebabkan oleh penggunaan jumlah konsentrasi asam (HNO₃), jumlah konsentrasi basa (NaOH), dan jumlah volume air pembilasan berpengaruh terhadap total pH setelah dilakukan proses *cleaning*. Sehingga terdapat perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi asam, konsentrasi basa, dan volume air pembilasan. Efektifitas volume air pembilasan khususnya air bersih yang diperoleh dari air isi ulang dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik-kimia yaitu waktu *exposure*, suhu, konsentrasi, pH, kesadahan air, dan kebersihan alat. (Marriott, 1999). Nilai pH bahan pembersih basa dapat menghasilkan proses pencucian yang efektif, menurut Elliot (1980), bahan pembersih

basa sedikit atau sama sekali tidak memiliki efek terhadap pencucian dibawah pH 8,3. Menurut Elliot (1980), menyatakan bahwa bahan pembersih asam pada umumnya memiliki pH dengan kisaran $\geq 2,5$. Acuan yang digunakan untuk mengetahui standar pH pada proses *cleaning* adalah berdasarkan persyaratan mutu air minum menurut departemen kesehatan Republik Indonesia. Hal ini karena air yang digunakan untuk pencucian adalah kualitas air minum.



Gambar 5. Contour Plot uji pH terhadap Volume Air; HNO₃

Gambar 5 merupakan grafik hubungan HNO₃ dan volume air pembilasan terhadap pH air panas setelah pencucian. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas pH dengan kombinasi HNO₃ dan volume air. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas pH lebih besar dari 7, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas pH sebesar kurang dari 4. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1%, dan volume air pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.



Gambar 6. Contour Plot uji pH terhadap Volume Air; NaOH

Gambar 6 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi NaOH dan volume air terhadap pH air panas setelah pencucian. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas pH dengan kombinasi NaOH dan Volume air.

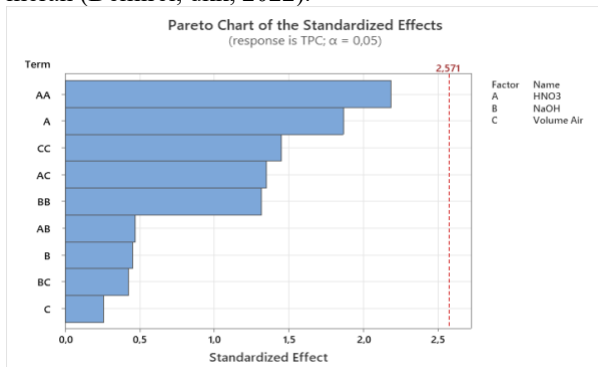
Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas pH lebih besar dari 6,8, sedangkan warna biru menunjukkan nilai aktivitas pH kurang dari 5,8. Dengan jumlah konsentrasi NaOH yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 1% - 1,5% dan volume air pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.

3.2. TPC pada sampel air panas setelah pencucian

Total Plate Count pada sampel air panas setelah pencucian merupakan efektivitas pada proses *cleaning* yang dapat diketahui dari data TPC (*Total Plate Count*) setelah dilakukan proses *cleaning* pada penggunaan air panas setelah dilakukan proses pencucian dan diawali dengan level konsentrasi bahan pembersih asam, basa, dan volume air pembilasan yang telah ditentukan melalui batas atas dan batas bawah meskipun tidak dipengaruhi secara langsung. Standar TPC pada mesin pilot plan untuk produk susu murni menggunakan standar syarat mutu susu segar sebanyak 4×10^5 cfu/ml.

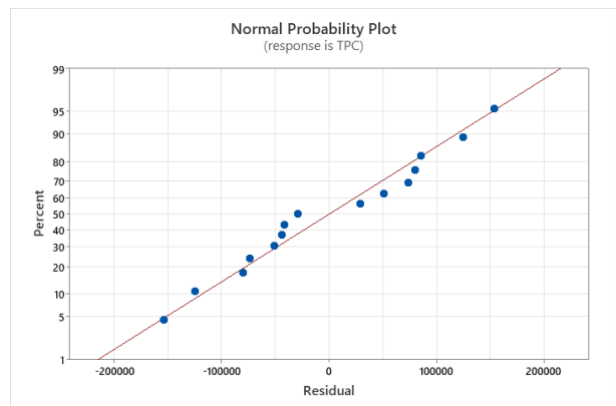
P value yang diperoleh lebih besar dari 0,299 ($p > 0,05$). Hal ini menandakan bahwa model yang digunakan tidak menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan respon dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan model lain yang dapat diperoleh melalui metode lain dalam RSM seperti *Central Composite Design* (CCD). Model yang tidak signifikan disebabkan oleh nilai TPC pada sampel air panas setelah pencucian yang tidak berbeda jauh antara kombinasi yang digunakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam, konsentrasi basa, dan volume air tidak berpengaruh signifikan terhadap TPC pada sampel air panas setelah pencucian. Data tersebut sesuai dengan penelitian (Laksmi, 2008) yang memperoleh data TPC pada bulan Maret 2008 sebanyak $< 5 \times 10^3$ cfu/ml, pada bulan April 2008 sebanyak $\leq 3 \times 10^3$ cfu/ml, pada bulan Mei 2008 $< 6 \times 10^3$ cfu/ml, pada bulan Juni 2008 sebanyak $< 8 \times 10^3$ cfu/ml, dan pada bulan Juli 2008 sebanyak $< 4 \times 10^3$ cfu/ml.

Grafik pareto digunakan untuk memperjelas hubungan masing – masing variabel terhadap nilai TPC pada sampel air panas setelah pencucian (Alman-Abad, dkk, 2020). Variabel yang berpengaruh signifikan berada diatas garis merah. Sedangkan variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan berada di bawah garis merah (Demirel, dkk, 2022).



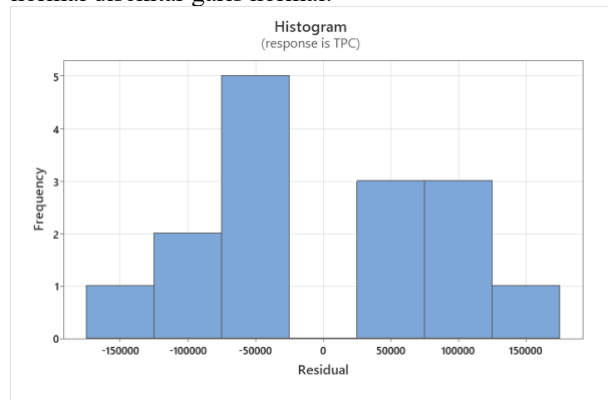
Gambar 7. Grafik Pareto TPC

Berdasarkan grafik pareto pada gambar 7 tidak ada variabel yang berpengaruh secara signifikan karena semua variabel berada dibawah garis merah. Hal ini sesuai dengan tabel ANOVA analisis TPC pada sampel air panas setelah pencucian yang tidak memiliki *p value* kurang dari 0,05. Variabel yang berkontribusi paling besar dalam persamaan regresi interaksi antar variabel adalah AA, karena memiliki *p value* yang mendekati 0,05, yaitu 0,081. Variabel yang selanjutnya berkontribusi dalam model meskipun tidak signifikan adalah A, CC, AC, BB, AB, B, BC, dan C. Urutan tersebut diperoleh dari *p value* yang mendekati nilai 0,05 hingga menjauh dari nilai 0,05. Nilai *lack of fit* digunakan untuk mengetahui kelayakan model untuk memprediksi hubungan antara variabel bebas dan respon (Demirel, dkk, 2022). *P Value* dari *lack of fit* lebih dari 0,05, sehingga tidak mendeteksi adanya *lack of fit*. Artinya model yang digunakan sudah cukup untuk mengamati pengaruh variabel bebas terhadap respon TPC pada sampel air panas setelah pencucian.



Gambar 8. Normal Probability TPC

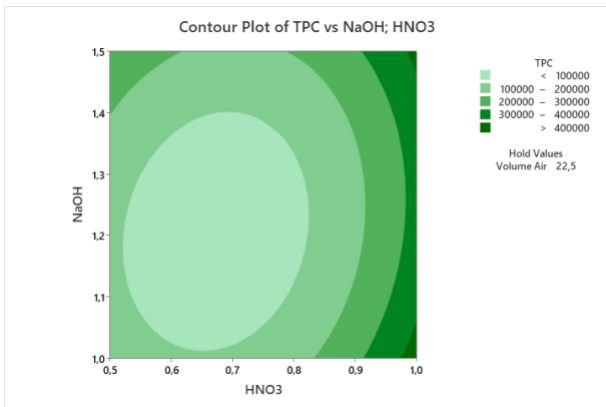
Residual plots dibutuhkan untuk memastikan ulang kelayakan model regresi yang digunakan. Berdasarkan Gambar 16 dapat diketahui bahwa grafik *normal probability plot* memiliki *plot* yang tersebar normal disekitar garis normal.



Gambar 9. Histogram TPC

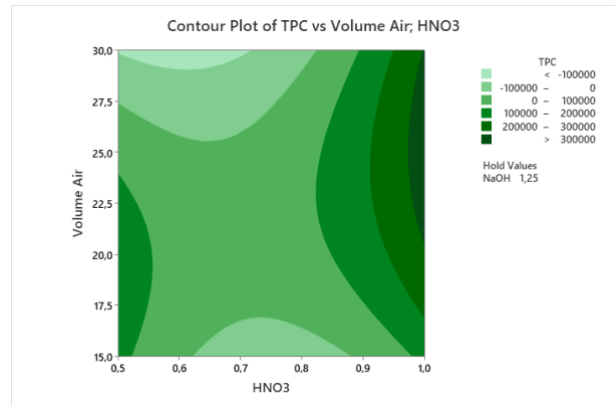
Pada grafik *histogram* memiliki data yang tersebar normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model persamaan regresi kuadratik multivarian sudah cukup untuk mendeskripsikan pengaruh variabel terhadap nilai TPC pada sampel air panas setelah pencucian.

Grafik dibutuhkan untuk melihat interaksi antar variabel dan respon TPC pada sampel air panas setelah pencucian secara jelas. Grafik tersebut dikembangkan dari model persamaan regresi kuadratik multivarian diatas. Berikut adalah grafik hubungan antar variabel dan respon TPC pada sampel air panas setelah pencucian.



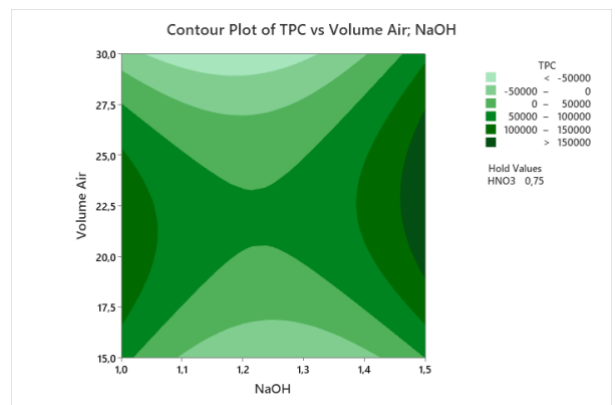
Gambar 10. *Contour Plot* TPC terhadap NaOH; HNO₃

Gambar 10 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah konsentrasi NaOH terhadap TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian dengan kombinasi HNO₃ dan NaOH. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian lebih besar dari 4×10^5 cfu/ml, sedangkan warna biru menunjukkan nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian kurang dari 1×10^5 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan konsentrasi NaOH yang memiliki volume terendah pada kisaran 1% - 1,5%. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi bahan pembersih asam dan basa sebelum diturunkan konsentrasinya dengan setelah diturunkan konsentrasinya.



Gambar 11. *Contour Plot* TPC terhadap Volume Air; HNO₃

Gambar 11 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah volume air pada pembilasan terhadap TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian dengan kombinasi HNO₃ dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian lebih besar dari 3×10^5 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian kurang dari 1×10^5 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan jumlah volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.



Gambar 12. *Contour Plot* TPC terhadap Volume Air; NaOH

Gambar 12 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi NaOH dan jumlah volume air pada pembilasan terhadap TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian dengan kombinasi NaOH dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian lebih besar

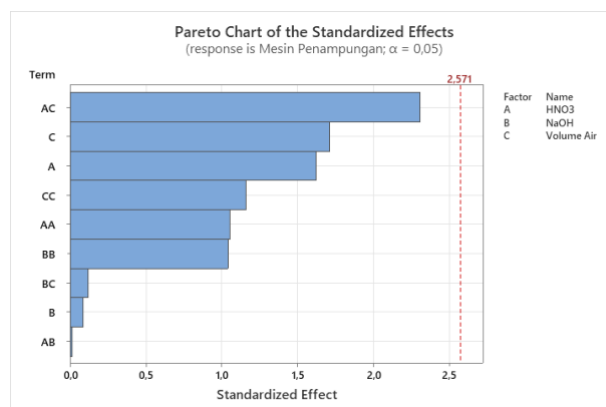
dari $1,5 \times 10^5$ cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas TPC pada sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian kurang dari 5×10^5 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi NaOH yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 1% - 1,5% dan konsentrasi volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.

3.3. Swab Test pada penampungan

Swab Test pada penampungan merupakan suatu pengujian untuk mengetahui jumlah koloni pada bakteri spesifik yaitu *Enterobacteriaceae* pada mesin penampungan. Swab Test pada penampungan dengan identifikasi bakteri spesifik yaitu *Enterobacteriaceae* dapat memberikan indikasi yang lebih baik tentang kemungkinan adanya patogen dan higiene serta kontaminasi sesudah proses, sekaligus memberikan informasi yang lebih akurat tentang penanganan, pengolahan, serta penyimpanan produk pangan. Pada bakteri *enterobacteriaceae* terdiri dari sepuluh genus, termasuk diantaranya adalah *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, dan *Klebsiella*. (Kusumaningrum, 2007).

P value yang diperoleh yaitu 0,308 ($p > 0,05$). Hal ini menandakan bahwa model yang digunakan tidak menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan respon dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan model lain yang dapat diperoleh melalui metode lain dalam RSM seperti *Central Composite Design* (CCD). Model yang tidak signifikan disebabkan oleh nilai Swab Test pada penampungan yang tidak berbeda jauh antara kombinasi yang digunakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam, konsentrasi basa, dan volume air tidak berpengaruh signifikan terhadap Swab Test pada mesin penampungan. Data tersebut sesuai dengan penelitian Laksmi, (2008) Dengan demikian tidak ada perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi bahan pembersih asam dan basa sebelum diturunkan konsentrasinya dengan setelah diturunkan konsentrasinya. Pada penelitian Laksmi mengindikasikan bahwa dengan penggunaan konsentrasi bahan pembersih basa 1,0% dan bahan pembersih asam 0,5% (Konsentrasi paling rendah) masih dapat dicapai pencucian yang efektif.

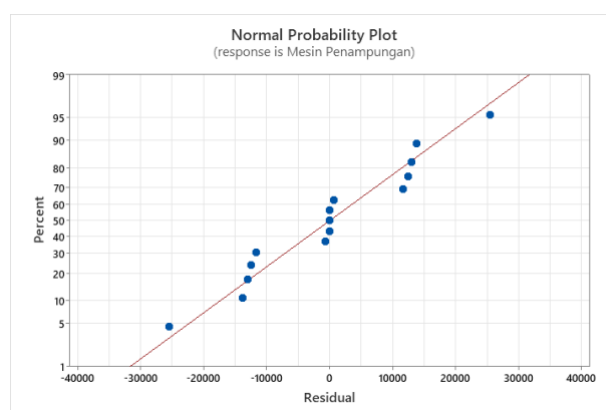
Grafik Pareto digunakan untuk memperjelas hubungan masing-masing variabel terhadap nilai Swab Test pada penampungan (Alman-Abad, dkk, 2020). Variabel yang berpengaruh secara signifikan berada diatas garis merah. Sedangkan variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan berada dibawah garis merah (Demirel, dkk, 2022).



Gambar 13. Pareto Swab Test pada Penampungan

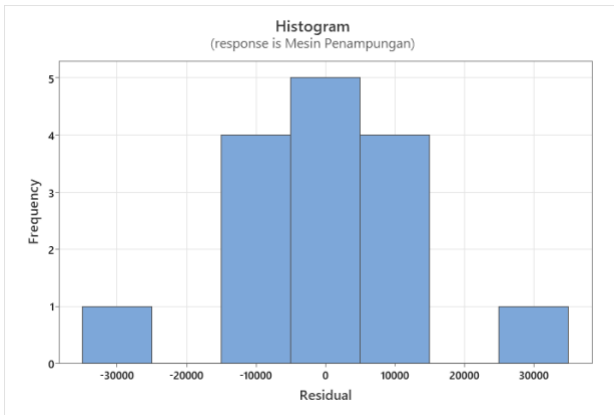
Berdasarkan grafik Pareto pada Gambar 13 tidak ada variabel yang berpengaruh secara signifikan karena semua variabel berada dibawah garis merah. Hal ini sesuai dengan tabel ANOVA Swab Test pada penampungan yang tidak memiliki *p value* kurang dari 0,05. Variabel yang berkontribusi paling besar dalam persamaan regresi interaksi antar variabel adalah AC, karena memiliki *p value* yang mendekati 0,05 yaitu 0,069. Variabel selanjutnya yang berkontribusi dalam model meskipun tidak signifikan adalah C, A, CC, AA, BB, BC, B, dan AB. Urutan tersebut diperoleh dari *p value* yang mendekati nilai 0,05 hingga menjauhi nilai 0,05. *P value* dari *lack of fit* adalah 0,05, sehingga terdapat *lack of fit*. Artinya model yang digunakan belum cukup untuk mengamati pengaruh variabel bebas terhadap respon Swab Test pada penampungan.

Model persamaan regresi kuadratik multivarian digunakan untuk mendapatkan variabel yang optimum pada nilai Swab Test pada penampungan (Alman-Abad, dkk, 2020).



Gambar 14. Normal Probability Plot Swab Test pada Penampungan

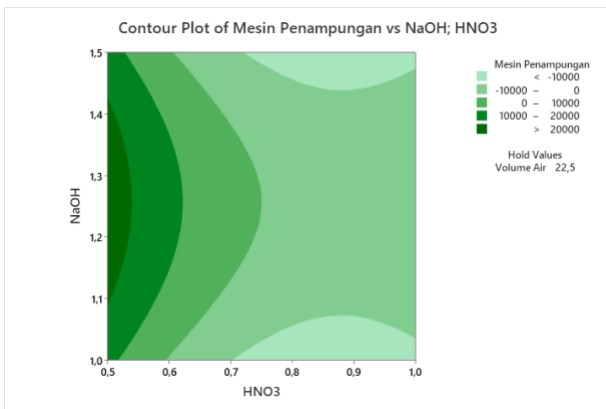
Residual plots dibutuhkan untuk memastikan ulang kelayakan model regresi yang digunakan. Berdasarkan Gambar 14 dapat diketahui bahwa grafik *normally probability plot* memiliki *plot* yang tersebar normal disekitar garis normal.



Gambar 15. Histogram Swab Test Pada Penampungan

Grafik *histogram* memiliki data yang tersebar normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model persamaan regresi kuadratik multivarian sudah cukup untuk mendeskripsikan pengaruh variabel terhadap Swab Test pada penampungan.

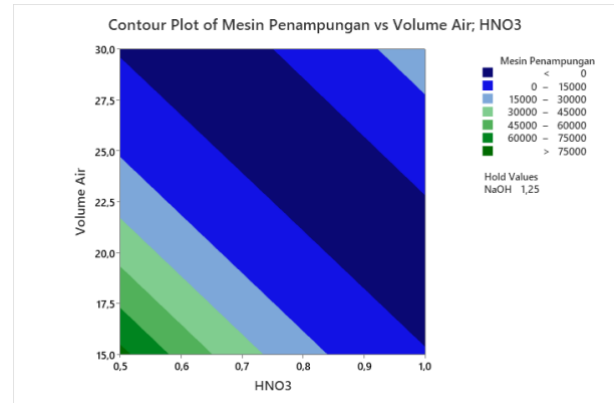
Grafik dibutuhkan untuk melihat interaksi antar variabel dan respon kelarutan secara jelas. Grafik tersebut dikembangkan dari model persamaan regresi kuadratik multivarian diatas. Berikut adalah grafik hubungan antar variabel dan respon Swab Test pada penampungan.



Gambar 16. Contour Plot Swab Test Mesin Penampungan terhadap NaOH; HNO₃

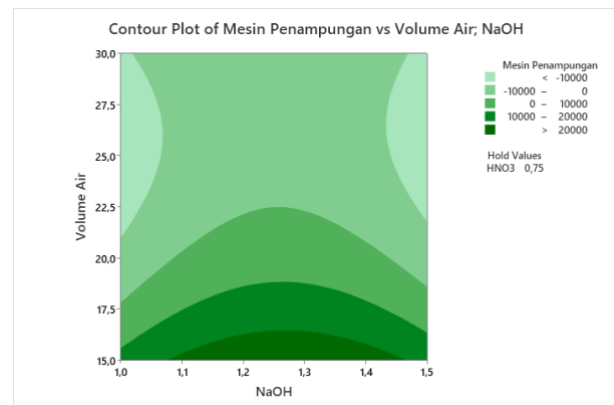
Gambar 16 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah konsentrasi NaOH terhadap Swab Test pada mesin penampungan. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan dengan kombinasi HNO₃ dan NaOH. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan lebih besar dari 2×10^5 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan kurang dari -1×10^5 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan konsentrasi NaOH yang memiliki volume terendah pada kisaran 1%

- 1,5%. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi bahan pembersih asam dan basa sebelum diturunkan konsentrasinya dengan setelah diturunkan konsentrasinya.



Gambar 17. Contour Plot Swab Test pada Penampungan terhadap Volume Air; HNO₃

Gambar 17 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah volume air pada pembilasan terhadap Swab Test pada mesin penampungan. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan dengan kombinasi HNO₃ dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan lebih besar dari $7,5 \times 10^5$ cfu/ml, sedangkan warna biru menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan kurang dari 0 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan konsentrasi volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.



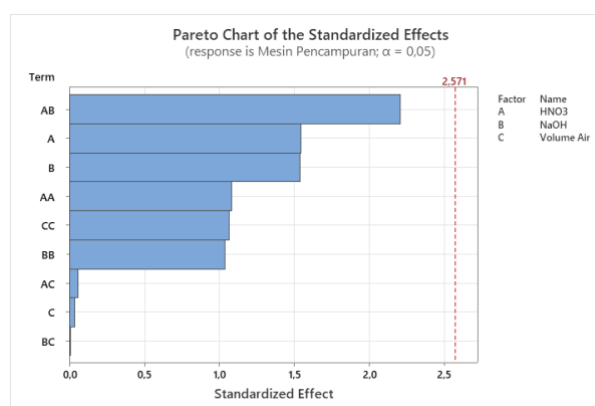
Gambar 18 . Contour Plot Swab Test pada Penampungan terhadap Volume Air; NaOH

Gambar 18 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi NaOH dan jumlah volume air pada pembilasan terhadap Swab Test pada mesin penampungan. Perubahan warna pada grafik contour plot

menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan dengan kombinasi NaOH dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan lebih besar dari 2×10^5 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan kurang dari 1×10^5 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi NaOH yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 1% - 1,5% dan volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.

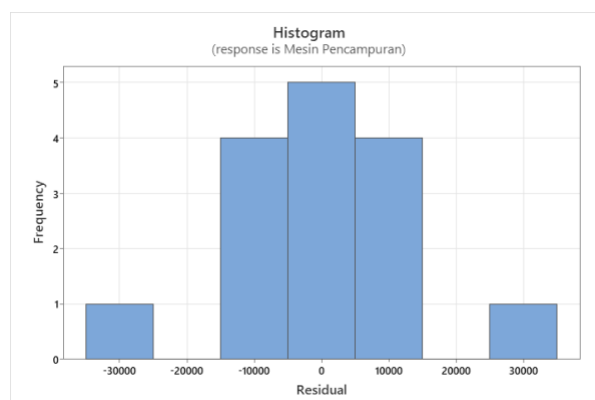
3.4. Swab Test pada mesin pencampuran

Swab Test pada mesin pencampuran merupakan suatu pengujian untuk mengetahui jumlah koloni pada bakteri spesifik yaitu *Enterobacteriaceae* pada mesin pencampuran. Swab Test pada mesin pencampuran dengan identifikasi bakteri spesifik yaitu *Enterobacteriaceae* dapat memberikan indikasi yang lebih baik tentang kemungkinan adanya patogen dan higienis serta kontaminasi sesudah proses, sekaligus memberikan informasi yang lebih akurat tentang penanganan, pengolahan, serta penyimpanan produk pangan. Pada bakteri *enterobacteriaceae* terdiri dari sepuluh genus, termasuk diantaranya adalah *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, dan *Klebsiella*. (Kusumaningrum, 2007). *P value* yang diperoleh yaitu 0,351 ($p > 0,05$). Hal ini menandakan bahwa model yang digunakan tidak menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan respon dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan model lain yang dapat diperoleh melalui metode lain dalam RSM seperti *Central Composite Design* (CCD). Model yang tidak signifikan disebabkan oleh nilai Swab Test pada mesin pencampuran yang tidak berbeda jauh antara kombinasi yang digunakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam, konsentrasi basa, dan volume air pembilasan tidak berpengaruh signifikan terhadap Swab Test pada mesin pencampuran. Data tersebut sesuai dengan penelitian Laksmi, (2008) Dengan demikian tidak ada perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi bahan pembersih asam dan basa sebelum diturunkan konsentrasinya dengan setelah diturunkan konsentrasinya. Pada penelitian Laksmi mengindikasikan bahwa dengan penggunaan konsentrasi bahan pembersih basa 1,0% dan bahan pembersih asam 0,5% (Konsentrasi paling rendah) masih dapat dicapai pencucian yang efektif. Grafik Pareto digunakan untuk memperjelas hubungan masing – masing variabel terhadap nilai Swab Test pada mesin pencampuran (Alman-Abad, dkk, 2020). Variabel yang berpengaruh secara signifikan berada diatas garis merah. Sedangkan variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan berada dibawah garis merah (Demirel, dkk, 2022).



Gambar 19 . Pareto Swab Test pada Mesin Pencampuran

Berdasarkan grafik Pareto pada gambar 19 tidak ada variabel yang berpengaruh secara signifikan karena semua variabel berada dibawah garis merah. Hal ini sesuai dengan tabel ANOVA analisis Swab Test pada mesin pencampuran yang tidak memiliki *p value* kurang dari 0,05. Variabel yang berkontribusi paling besar dalam persamaan regresi interaksi antar variabel adalah AB, karena memiliki *p value* yang mendekati 0,05, yaitu 0,078. Variabel selanjutnya yang berkontribusi dalam model meskipun tidak signifikan adalah A, B, AA, CC, BB, AC, C, dan BC. Urutan tersebut diperoleh dari *p value* yang mendekati nilai 0,05 hingga menjauhi nilai 0,05. *P value* dari *lack of fit* adalah 0,05, sehingga terdapat *lack of fit*. Artinya model yang digunakan belum cukup untuk mengamati pengaruh variabel bebas terhadap respon Swab Test pada mesin pencampuran.

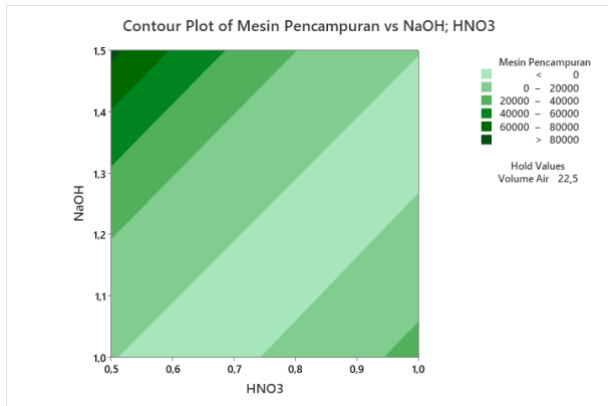


Gambar 20. Histogram Swab Test pada Mesin Pencampuran

Grafik *histogram* memiliki data yang tersebar normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model persamaan regresi kuadratik multivarian sudah cukup untuk mendeskripsikan pengaruh variabel terhadap Swab Test pada mesin pencampuran.

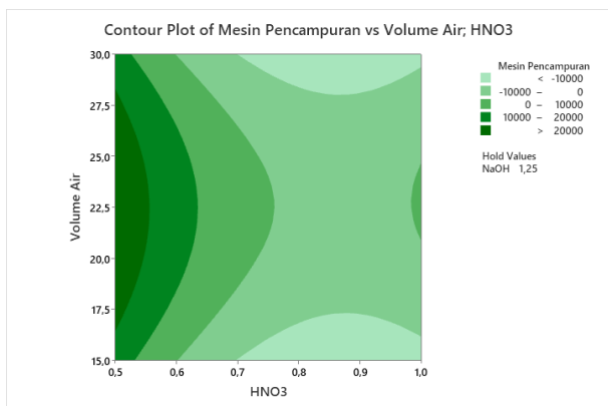
Grafik dibutuhkan untuk melihat antar variabel dan respon Swab Test pada mesin pencampuran secara jelas. Grafik tersebut dikembangkan dari model persamaan regresi kuadratik multivarian diatas. Berikut

adalah grafik hubungan antar variabel dan respon Swab Test pada mesin pencampuran.



Gambar 21. Contour Plot Swab Test pada Mesin Pencampuran terhadap NaOH; HNO₃

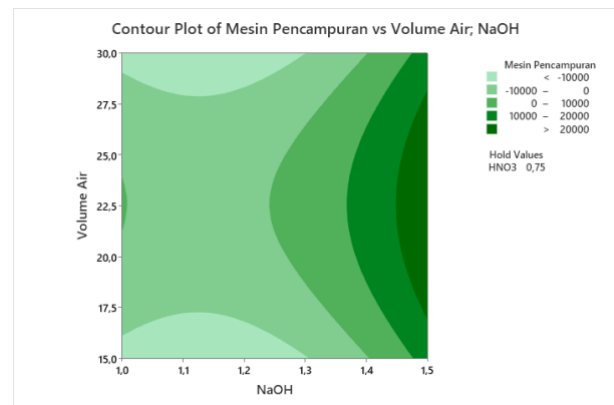
Gambar 21 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah konsentrasi NaOH terhadap Swab Test pada mesin pencampuran. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran dengan kombinasi HNO₃ dan NaOH. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran lebih besar dari 8×10^5 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran kurang dari 0 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan konsentrasi NaOH yang memiliki volume terendah pada kisaran 1% - 1,5%. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi bahan pembersih asam dan basa sebelum diturunkan konsentrasinya dengan setelah diturunkan konsentrasinya ataupun terhadap jumlah volume air pada pembilasan.



Gambar 22. Contour Plot Swab Test pada Mesin Pencampuran terhadap Volume Air; HNO₃

Gambar 22 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah volume air pada

pembilasan terhadap Swab Test pada mesin pencampuran. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran dengan kombinasi HNO₃ dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada mesin penampungan lebih besar dari 2×10^5 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran kurang dari -1×10^5 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.



Gambar 23. Contour Plot Swab Test pada Mesin Pencampuran terhadap Volume Air; NaOH

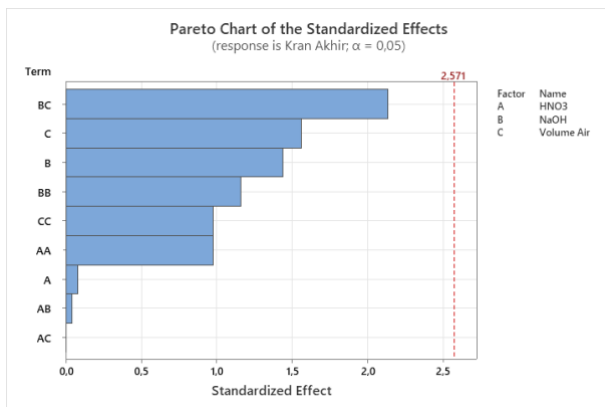
Gambar 23 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi NaOH dan jumlah volume air pada pembilasan terhadap Swab Test pada mesin pencampuran. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran dengan kombinasi NaOH dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran lebih besar dari 2×10^5 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran kurang dari -1×10^5 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi NaOH yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 1% - 1,5% dan volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.

3.5. Swab Test pada kran akhir

Swab Test pada Kran Akhir merupakan suatu pengujian untuk mengetahui jumlah koloni pada bakteri spesifik yaitu *Enterobacteriaceae* pada Kran Akhir. Swab Test pada Kran Akhir dengan identifikasi bakteri spesifik yaitu *Enterobacteriaceae* dapat memberikan indikasi yang lebih baik tentang kemungkinan adanya patogen dan higiene serta kontaminasi sesudah proses, sekaligus memberikan informasi yang lebih akurat tentang penanganan, pengolahan, serta penyimpanan produk pangan. Pada bakteri *enterobacteriaceae* terdiri dari sepuluh genus, termasuk diantaranya adalah

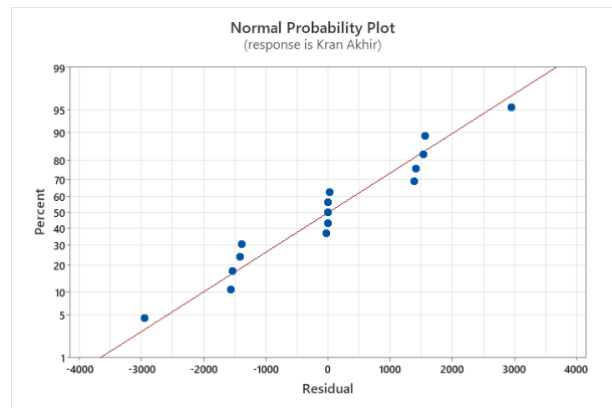
Escherichia, *Enterobacter*, *Salmonella*, dan *Klebsiella*. (Kusumaningrum, 2007)

P value yang diperoleh yaitu 0,379 ($p > 0,05$). Hal ini menandakan bahwa model yang digunakan tidak menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan respon dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan model lain yang dapat diperoleh melalui metode lain dalam RSM seperti *Central Composite Design* (CCD). Model yang tidak signifikan disebabkan oleh nilai *Swab Test* pada Kran Akhir yang tidak berbeda jauh antara kombinasi yang digunakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam, konsentrasi basa, dan volume air tidak berpengaruh signifikan terhadap *Swab Test* pada kran akhir. Data tersebut sesuai dengan penelitian Laksmi, (2008). Dengan demikian tidak ada perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi bahan pembersih asam dan juga bahan pembersih basa sebelum diturunkan konsentrasinya dengan setelah diturunkan konsentrasinya. Pada penelitian Laksmi mengindikasikan bahwa dengan penggunaan konsentrasi bahan pembersih basa 1,0% dan bahan pembersih asam 0,5% (Konsentrasi paling rendah) masih dapat dicapai pencucian yang efektif.



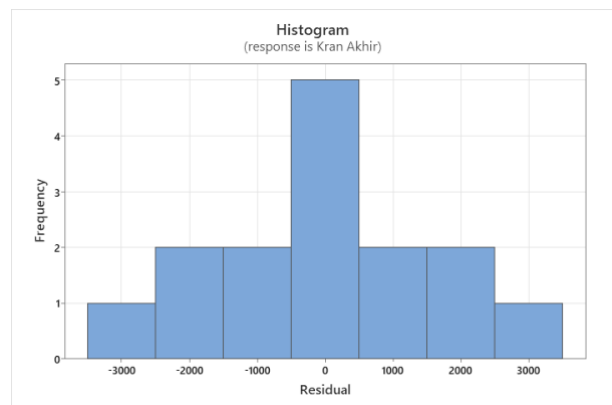
Gambar 24. Grafik *Pareto Swab Test* pada Kran Akhir

Berdasarkan grafik Pareto pada gambar 24 tidak ada variabel yang berpengaruh secara signifikan karena semua variabel berada dibawah garis merah. Hal ini sesuai dengan tabel ANOVA *Swab Test* pada kran akhir yang tidak memiliki *p value* kurang dari 0,05. Variabel yang berkontribusi paling besar dalam persamaan regresi interaksi antar variabel adalah BC, karena memiliki *p value* yang mendekati 0,05, yaitu 0,086. Variabel selanjutnya yang berkontribusi dalam model meskipun tidak signifikan adalah C, B, BB, CC, AA, A, AB, dan AC. Urutan tersebut diperoleh dari *p value* yang mendekati nilai 0,05 hingga menjauhi nilai 0,05. *P value* dari *lack of fit* adalah 0,05, sehingga terdapat *lack of fit*. Artinya model yang digunakan belum cukup untuk mengamati pengaruh variabel bebas terhadap respon *Swab Test* pada kran akhir.



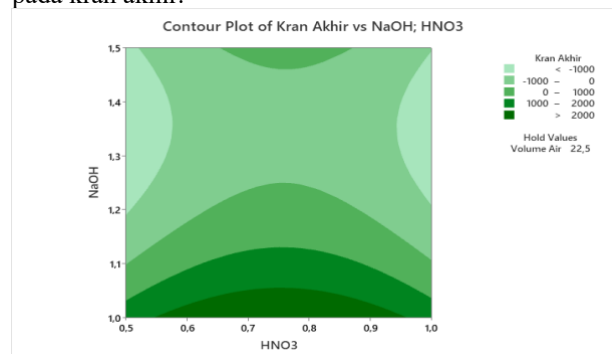
Gambar 25. *Normal Probability Plot Swab Test* pada Kran Akhir

Residual plots untuk memastikan ulang kelayakan model regresi yang digunakan. Gambar 25 dapat diketahui bahwa grafik *normally probability plot* memiliki *plot* yang tersebar normal disekitar garis normal. Grafik *histogram* memiliki data yang tersebar normal. Disimpulkan model persamaan regresi kuadratik multivarian sudah cukup untuk mendeskripsikan pengaruh variabel terhadap *Swab Test* pada kran akhir.



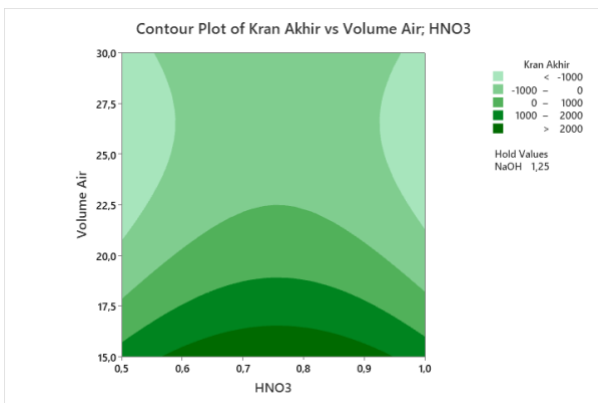
Gambar 26. *Histogram Swab Test* pada Kran Akhir

Grafik dibutuhkan untuk melihat interaksi antar variabel dan respon *Swab Test* pada kran akhir secara jelas. Grafik tersebut dikembangkan dari model persamaan regresi kuadratik multivarian diatas. Berikut grafik hubungan antar variabel dan respon *Swab Test* pada kran akhir.



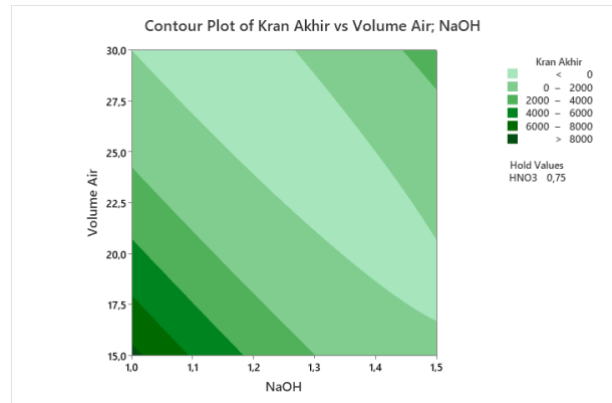
Gambar 27. *Contour Plot* Kran Akhir terhadap NaOH; HNO₃

Gambar 27 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah konsentrasi NaOH terhadap Swab Test pada kran akhir. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada kran akhir dengan kombinasi HNO₃ dan NaOH. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada kran akhir lebih besar dari 2×10^3 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran kurang dari 1×10^3 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan konsentrasi NaOH yang memiliki volume terendah pada kisaran 1% - 1,5%. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya perbedaan secara signifikan antara penggunaan konsentrasi bahan pembersih asam dan basa sebelum diturunkan konsentrasinya dengan setelah diturunkan konsentrasinya ataupun terhadap jumlah volume air pada pembilasan.



Gambar 28. *Contour Plot* Kran Akhir terhadap Volume Air; HNO₃

Gambar 28 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi HNO₃ dan jumlah volume air pada pembilasan terhadap Swab Test pada kran akhir. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada kran akhir dengan kombinasi HNO₃ dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada kran akhir lebih besar dari 2×10^3 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada mesin pencampuran kurang dari 1×10^3 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi HNO₃ yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 0,5% - 1% dan jumlah volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.



Gambar 29. *Contour Plot* Kran Akhir terhadap Volume Air; NaOH

Gambar 29 merupakan grafik hubungan antara jumlah konsentrasi NaOH dan jumlah volume air pada pembilasan terhadap Swab Test pada kran akhir. Perubahan warna pada grafik contour plot menunjukkan terdapat perbedaan nilai aktivitas Swab Test pada kran akhir dengan kombinasi NaOH dan volume air pada pembilasan. Grafik contour plot berwarna hijau tua menunjukkan bahwa nilai aktivitas Swab Test pada kran akhir lebih besar dari 8×10^3 cfu/ml, sedangkan warna hijau muda menunjukkan nilai aktivitas Swab Test pada kran akhir kurang dari 0 cfu/ml. Dengan jumlah konsentrasi NaOH yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 1% - 1,5% dan volume air pada pembilasan yang memiliki volume terendah pada kisaran 15 Liter – 30 Liter.

3.6. Penentuan kondisi optimum

Penentuan kondisi optimum dilakukan dengan menggunakan *software Minitab 21.0*. Penentuan kondisi optimum bertujuan untuk mendapatkan kondisi proses terbaik pada proses *cleaning* yang dilakukan pada mesin pilot plan. Kondisi optimum ditentukan dengan nilai *desirability* yang berkisar antara 0 hingga 1. Selain itu, setiap respon akan ditentukan besaran nilai hingga suatu proses *cleaning* dapat dikatakan baik dan efektif.

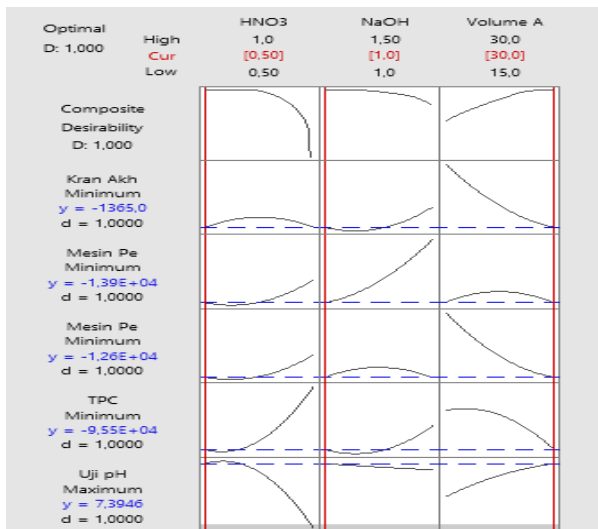
Pada uji pH dikatakan baik ketika nilai pH tinggi (pada batas pH normal dengan kisaran 7), hasil analisis TPC rendah (pada pengujian jumlah koloni berjumlah 1), hasil swab test pada penampungan rendah (pada pengujian jumlah koloni bakteri spesifik berjumlah 1), hasil swab test pada mesin pencampuran rendah (pada pengujian jumlah koloni bakteri spesifik berjumlah 1), dan pada hasil swab test pada kran akhir rendah (pada pengujian jumlah koloni bakteri spesifik berjumlah 1).

Berdasarkan pengolahan data dengan *Minitab 21.0*, berikut adalah batasan dari setiap respon dapat dikatakan optimum adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Batas atas dan batas bawah optimalisasi dari setiap respon

Response	Goal	Lower	Target	Upper
Kran Akhir (CFU/mL)	Minimum		1	11500
Mesin Pencampuran (CFU/mL)	Minimum		1	113000
Mesin Penampungan (CFU/mL)	Minimum		1	105000
TPC (CFU/mL)	Minimum		680	581000
Uji pH	Maximum	3,54	7,1	

Berdasarkan tabel diatas, respon Swab Test pada kran akhir yang diinginkan adalah memiliki nilai rendah dengan batas target dan batas atas 1 cfu/ml - $1,15 \times 10^4$ cfu/ml, respon Swab Test pada mesin pencampuran yang diinginkan adalah memiliki nilai rendah dengan batas target dan batas atas 1 cfu/ml - $1,13 \times 10^5$ cfu/ml, respon Swab Test pada mesin penampungan yang diinginkan adalah memiliki nilai rendah dengan batas target dan batas atas 1 cfu/ml - $1,05 \times 10^5$ cfu/ml, dan respon analisis TPC pada sampel air panas setelah proses *cleaning* yang diinginkan adalah memiliki nilai rendah dengan batas target dan batas atas $6,8 \times 10^2$ cfu/ml - $5,81 \times 10^5$ cfu/ml. Sedangkan respon uji pH yang diinginkan adalah memiliki nilai tinggi. Batas bawah dan batas target dari respon uji pH adalah 3,54 – 7,1. Nilai *desirability* untuk optimasi konsentrasi asam, konsentrasi basa, dan volume air adalah sebagai berikut.



Gambar 30. Optimasi kondisi proses

Berdasarkan Gambar 30, dapat diketahui bahwa nilai *desirability* yang diperoleh adalah 1,000 atau 100%. Hal ini menandakan bahwa kondisi optimum yang direkomendasikan akan memiliki kondisi proses pada proses *cleaning* yang sesuai dengan target optimasi sebesar 100%. Dengan kondisi optimum yang dipilih adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Kondisi optimum proses

Konsentrasi Asam (HNO ₃)	Konsentrasi Basa (NaOH)	Volume Air Pembilasan
0,50 %	1,0 %	30 Liter

Kondisi optimum pada proses *cleaning* adalah menggunakan konsentrasi asam (HNO₃) 0,50 %, konsentrasi basa (NaOH) 1,0 %, dan Volume Air Pembilasan 30 Liter. Kondisi optimum ini diprediksikan akan menghasilkan jumlah koloni pada Swab Test Kran Akhir sebesar – 1365,0 cfu/ml, jumlah koloni pada Swab Test mesin pencampuran sebesar $-1,39 \times 10^4$ cfu/ml, jumlah koloni pada Swab Test mesin Penampungan sebesar $-1,26 \times 10^4$ cfu/ml, jumlah koloni pada TPC (*Total Plate Count*) terhadap sampel air panas setelah dilakukan proses pencucian sebesar $-9,55 \times 10^4$ cfu/ml, dan didapatkan pH sebesar 7,39.

3.7. Verifikasi kondisi optimum

Penelitian diulang sesuai dengan kondisi optimum yang telah dipilih. Pengulangan ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian dari respon yang dihasilkan. Respon yang dihasilkan, memiliki batas toleransi dengan *prediction interval* 95%. Berikut adalah batas toleransi dari setiap respon.

Tabel 4. Prediksi dan batas toleransi setiap respon

Response	Prediction	Actual	95% PI Low	95% PI High
Uji pH	7,39	0,495	(6,122; 8,667)	(5,728; 9,061)
TPC	-95470	183075	(-566080; 375141)	(-712026; 521087)
Mesin Penampungan	-12559	26964	(-81871; 56753)	(-103366; 78248)
Mesin Pencampuran	-13909	30109	(-91306; 63488)	(-115308; 87491)
Kran Akhir	-1365	3119	(-9383; 6653)	(-11869; 9139)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan kondisi optimum dengan HNO₃ 0,50%, NaOH 1,0%, dan Volume Air Pembilasan 30 Liter, maka didapatkan hasil pengujian Uji pH 7,38, TPC (*Total Plate Count*) $1,5 \times 10^2$, Hasil *Swab Test* Mesin Penampungan 1×10^1 , Hasil *Swab Test* Mesin Pencampuran 1×10^1 , Hasil *Swab Test* Kran Akhir 1×10^1 . Hal ini menandakan bahwa respon masih berada dalam *range* optimum.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kondisi konsentrasi asam, konsentrasi basa, dan volume air pembilasan yang optimal pada proses *cleaning* mesin pilot plant untuk menghasilkan aktivitas pH tertinggi, jumlah bakteri TPC (*Total Plate Count*) pada sampel air panas setelah pencucian terendah, jumlah bakteri *Enterobacteriaceae* pada mesin penampungan terendah, jumlah bakteri *Enterobacteriaceae* pada mesin pencampuran terendah, dan jumlah bakteri *Enterobacteriaceae* pada kran akhir terendah terjadi pada konsentrasi asam HNO₃ sebanyak 0,50%, konsentrasi basa NaOH sebanyak 1,0%, dan volume air pembilasan sebanyak 30 Liter.

5. Daftar Pustaka

1. Ahmad, A.M. 2020. Box-Behnken Response Surface Design of Polysaccharide Extraction from *Rhododendron arboreum* and the Evaluation of Its Antioxidant Potential. *Molecules*, 1-12.
2. Badan Standarisasi Nasional. Susu Segar. 1998. SNI 01-3141-1998. Jakarta.
3. Demirer, G, N. 2007. Cleaner production opportunity assessment for a milk processing facility. *Journal of Environmental Management* 84.
4. Depkes RI. 2005. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Depkes RI.
5. Elliot, R. Paul. 1980. *Cleaning and Sanitizing Principle of Food Processing Sanitation The Food Processors Institute*. Washington
6. Khuri, A, I. 2010. Response Surface Methodology. *WIREs Computational Statistics*, 128-149.
7. Laksmi, A.F. 2008. Optimasi Konsentrasi Bahan Pembersih Untuk Sanitasi Jalur, Hopper Tank dan Mesin Filling Sachet. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Institut Pertanian Bogor.
8. Marriot, N.G. 2018. *Principle of Food Sanitation*. 6th edition. Aspen Publisher, Inc., Gaithersburg, Maryland.
9. Spreer, E. 1998. *Milk and Dairy Product Technology*. Marcel Dekker, Inc., USA.
10. Turnip, M. dkk. 2018. Identifikasi bakteri anggota *Enterobacteriaceae* pada makanan tradisional sotong pangkong. *Jurnal Labora Medika*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
11. Trihaditia, R. dkk. 2018. *Penentuan formulasi optimum pembuatan cookies dari bekatul padi pandan wangi dengan penambahan tepung terigu menggunakan metode RSM (Response Surface Method)*. Cianjur: Universitas Suryakencana