

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan proses operasi kondisi saat ini

Saat ini stasiun pengolahan gas PT. Z beroperasi dengan parameter seperti ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Tabel parameter kondisi operasi saat ini

PERALATAN	TEKANAN		TEMPERATUR		LAJU ALIR	KETERANGAN
	in	Out	In	Out	mmscfd	
	psig	psig	°F	°F		
Sumur						
Well-1	398		275		38.4	
Well-2	400		282		46.5	
Well-3	405		284		94.5	
Well-4	410		268		18.9	
Inlet Header	328		270		192.4	
Inlet Cooler			270	100		
Separator	350	348	100	100	171	laju alir Total 3 separator
Suction Header	328		98			
Suction Scrubber	320		98			
Suction Compressor	318		98			
Discharge Compressor	1150		319			
After Cooler	1149	1144	319	120		
Discharge Scrubber	1131		84			
Glycol Contactor	1137		119	120	171	Total laju alir keluaran 2 contactor
Trunk Line	1117		124		165	Total laju alir 2 trunk line

CV: Choke Valve; OP: Bukaan valve

Dengan menggunakan data parameter pada tabel 3.1 selanjutnya melakukan validasi paket fluida yang akan digunakan sebagai basis simulasi HYSYS. Hasil validasi paket fluida pada parameter tekanan, temperatur dan laju alir pada peralatan permukaan ditunjukkan pada tabel 4.2. Referensi alur pemilihan paket

fluida menggunakan tahapan pada gambar 3.4 (Sinnott et al., 2006, p. 252).

Berdasarkan referensi alasan pemilihan paket PR lebih baik dalam mengestimasi dibandingkan dengan SRK adalah :

1. Peng-Robinson (PR) range aplikasi lebih luas (suhu minimum -456°F tekanan maksimum hingga 100 MPa) dan ideal untuk perhitungan VLE (Vapor-Liquid Equilibrium) dan densitas cairan hidrokarbon dibandingkan dengan SRK.
2. Persamaan PR lebih mampu untuk menyelesaikan perhitungan dengan melibatkan banyak fasa secara akurat (Costa et al., 2014) dibandingkan dengan SRK.

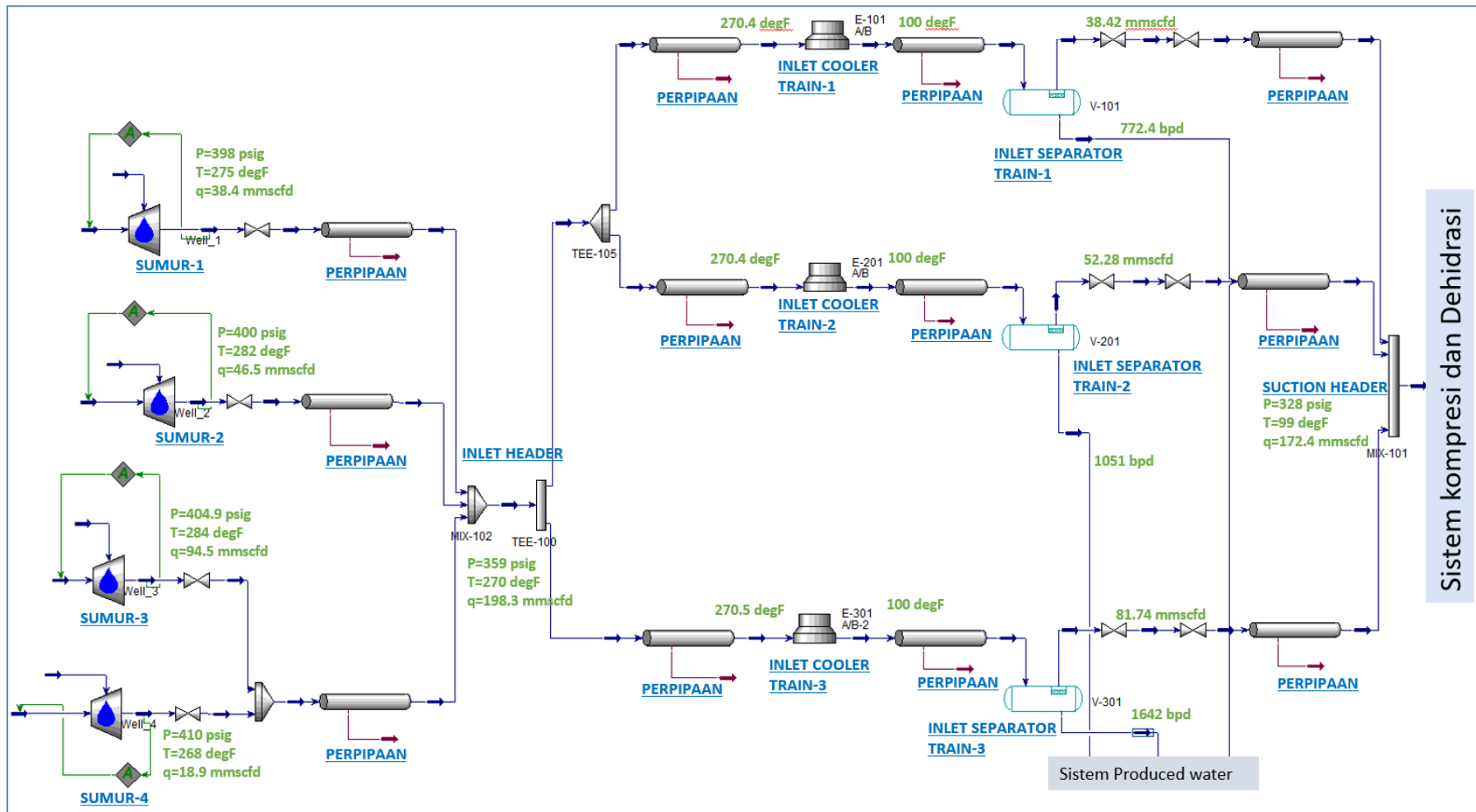
Tabel 4.2. Hasil Validasi Paket Fluida PR dan SRK pada peralatan

No	Area	Parameter	Unit	Parameter aktual	Simulasi FP PR	Error (%)	Simulasi FP SRK	Error (%)
1	Inlet Header	Tekanan	psig	334	333	0.30	333	0.30
		Temperatur	$^{\circ}\text{F}$	274	273	0.36	273	0.36
2	Inlet Cooler TR#2	Temp. masuk	$^{\circ}\text{F}$	270	272	0.89	273	1.07
		Temp. Keluar	$^{\circ}\text{F}$	89	116	30.34	117	30.90
3	Inlet Separator TR#2	Tek. Masuk	psig	331	322.8	2.48	327.3	1.12
		Tek. Keluar	psig	325	322.7	0.71	322.3	0.83
		Aliran Gas keluar	mmscfd	44	46.99	6.80	47.09	7.02
4	Kompresor #2	Tek. masuk	psig	319	317.8	0.38	317.7	0.41
		Temp. masuk	$^{\circ}\text{F}$	96	110.7	15.31	110.5	15.10
		Aliran gas masuk	mmscfd	74.8	78.59	5.07	78.76	5.29
		Tek. keluar	psig	1139	1137	0.18	1117	1.93
5	After cooler #2	Temp. masuk	$^{\circ}\text{F}$	313	314	0.32	311	0.64
		Temp. Keluar	$^{\circ}\text{F}$	94	95	1.06	97	3.19
6	Discharge Scrubber	Tek. Masuk	psig	1127	1131	0.35	1111	1.42
7	Glycol contactor #2	Tek. keluar	psig	1123	1127	0.36	1107	1.42
		Temp. keluar	$^{\circ}\text{F}$	100	96	4.00	96	4.28
		Aliran gas Keluar	mmscfd	81.13	82.3	1.44	82.49	1.68

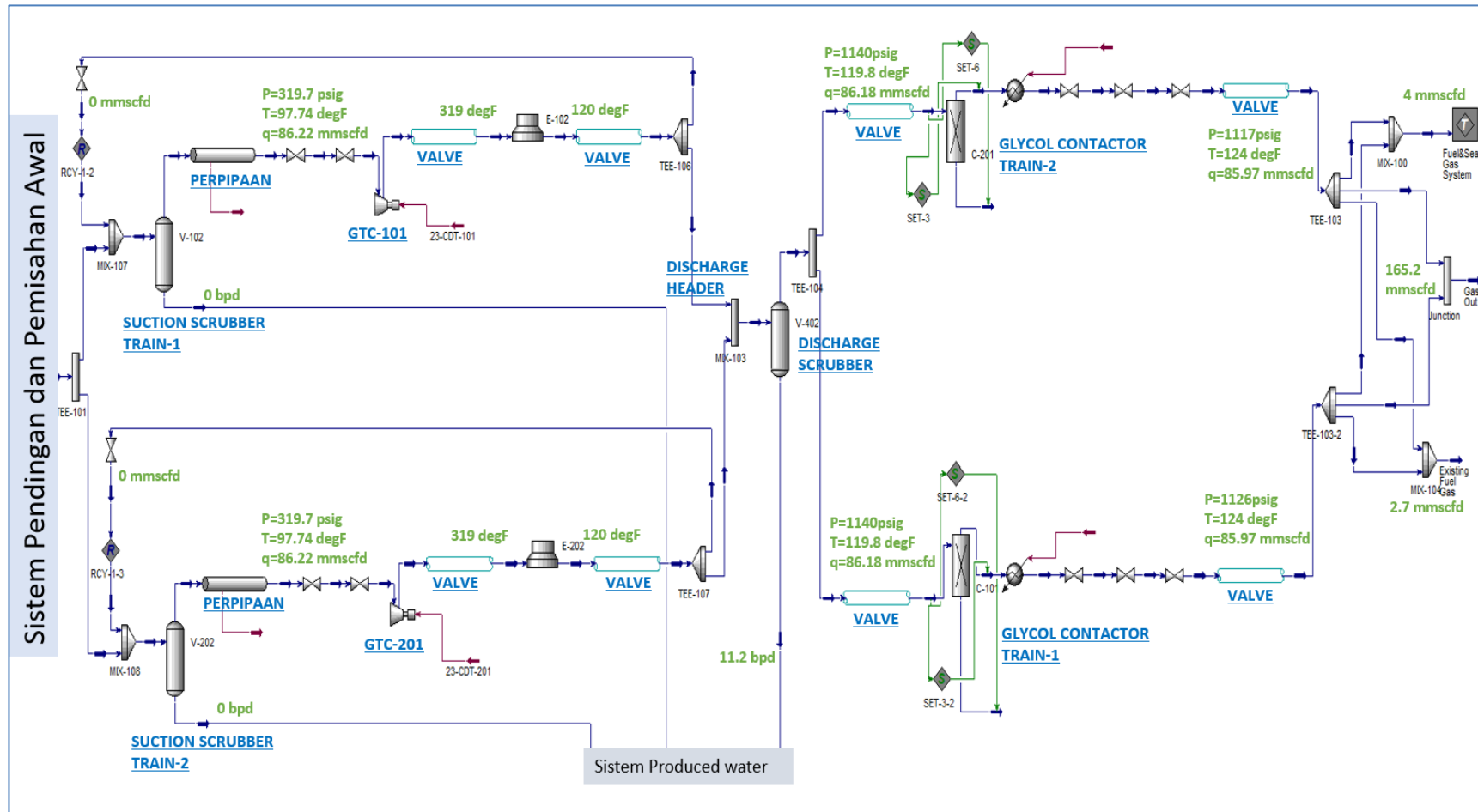
Disamping pemilihan paket fluida Peng-Robinson didasarkan pada referensi diatas, validitas keakuratan paket fluida juga perlu dibuktikan dalam simulasi HYSYS menggunakan data dari lapangan.

Berdasarkan tabel 4.2 hasil simulasi paket fluida menggunakan PR dan SRK, paket fluida PR memiliki lebih kecil prosentase kesalahannya dibandingkan SRK terhadap data aktual dilapangan, sehingga PR lebih representatif untuk digunakan sebagai paket fluida pada simulasi HYSYS.

Pemodelan diagram alir PT. Z pada kondisi saat ini menggunakan HYSYS V11 ditampilkan pada gambar 4.1. dan gambar 4.2.



Gambar 4.1. Mode operasi pabrik saat ini bagian sumur, pendinginan dan pemisahan awal

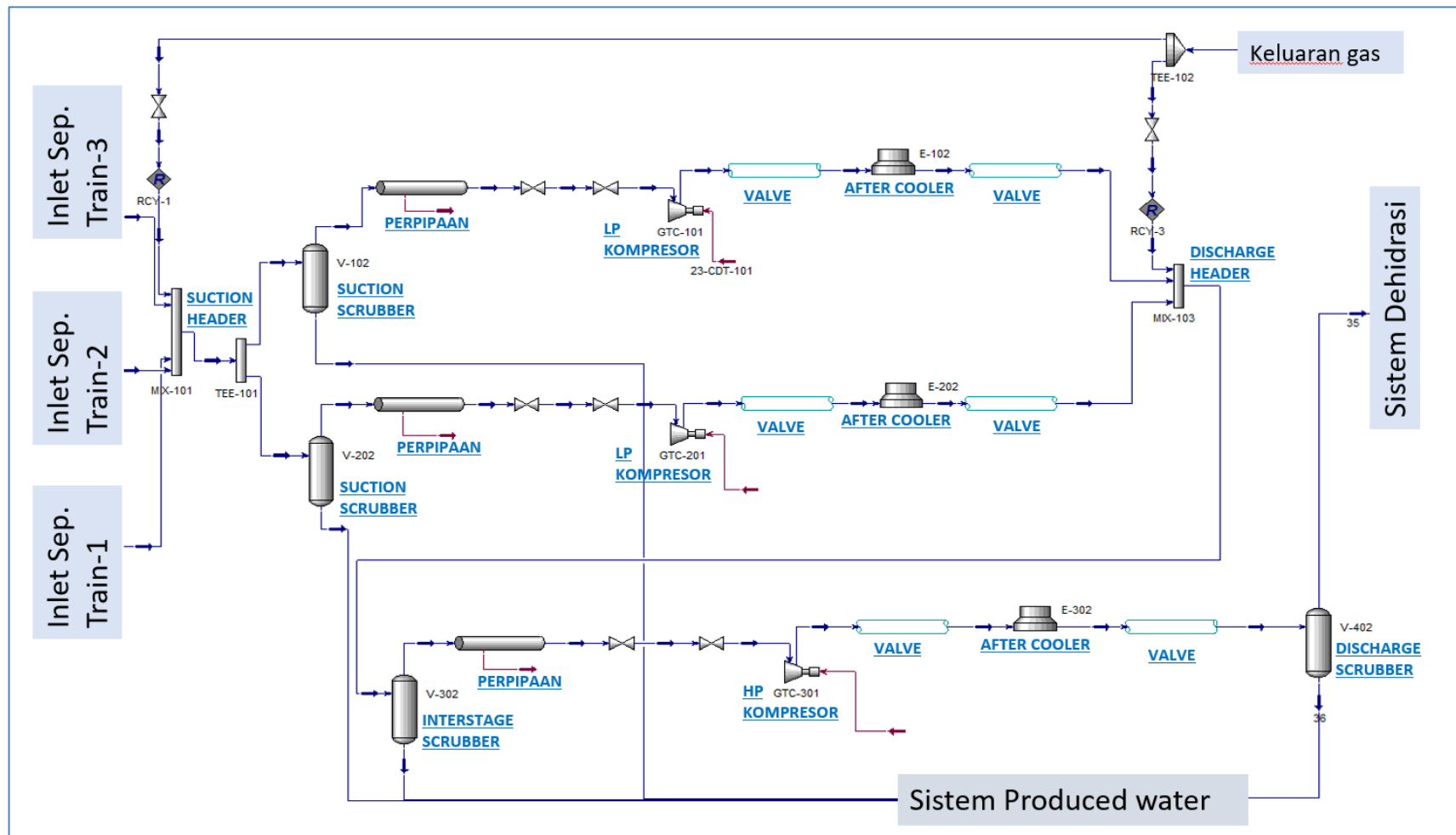


Gambar 4.2. Model operasi pabrik saat ini pada bagian kompresi, dehidrasi dan keluaran gas

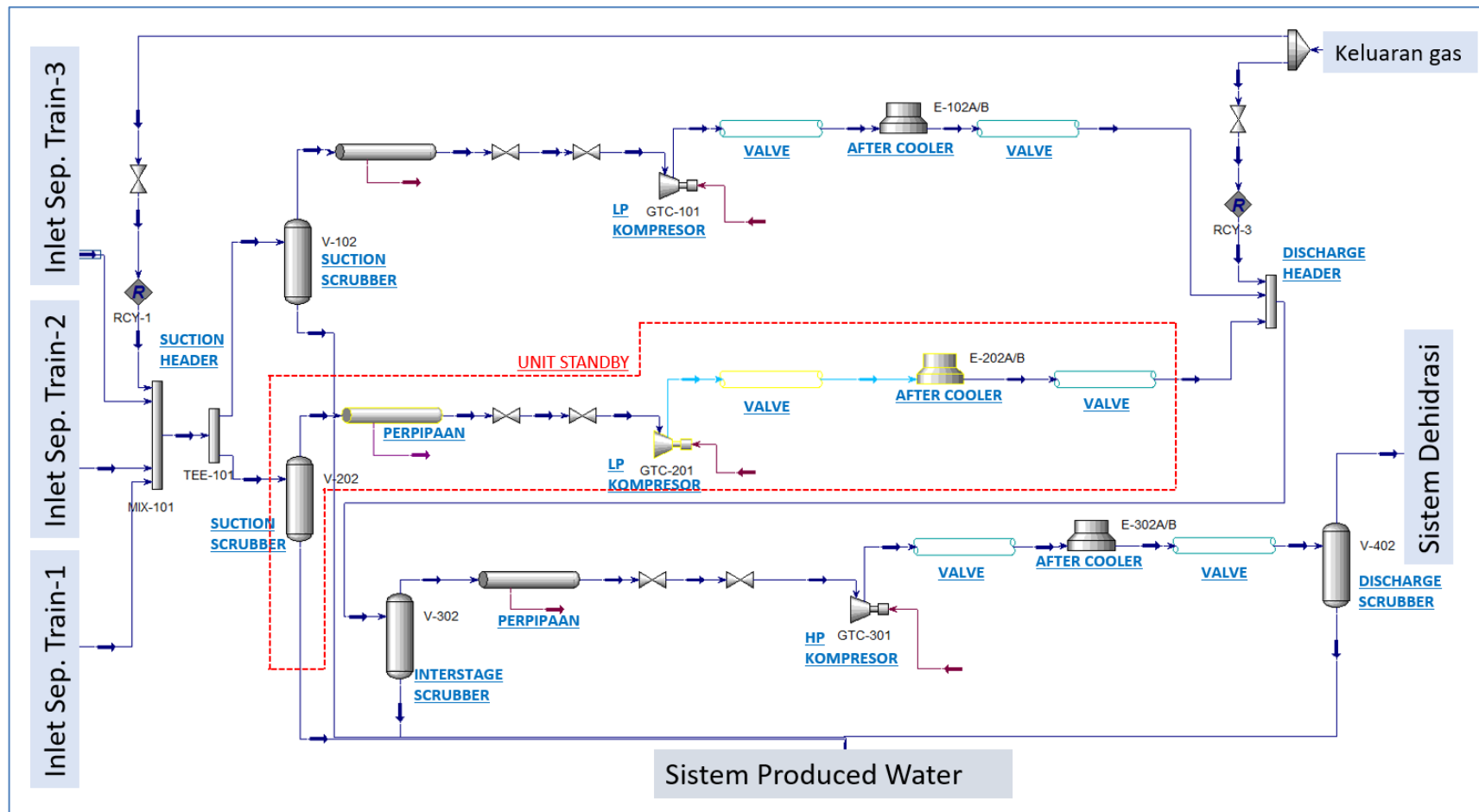
4.2. Pemodelan proses operasi dengan tekanan dibawah desain operasi kompresor

Desain operasi minimum kompresor pada unit pengolahan PT. Z adalah 350 psig sehingga jika akan beroperasi dibawah tekanan desain minimumnya maka harus perlu dilakukan kajian ulang terhadap kelayakan peralatan operasinya. Pemodelan operasi kompresor menggunakan simulator HYSYS dilakukan sesuai dengan skenario pada Tabel 3.1 dimana ada dua mode utama yang digunakan yaitu Pemodelan kondisi tekanan 200 psig dan Pemodelan kondisi tekanan dibawah 200 psig. Pemodelan pada kondisi tekanan isap kompresor 200 psig dibagi menjadi dua mode yaitu pemodelan dengan konfigurasi kompresor paralel-seri 2LP-1HP dan pemodelan dengan konfigurasi kompresor seri 1LP-1HP.

Pemodelan tekanan 165 psig dan tekanan 100 psig relatif sama yaitu Pemodelan konfigurasi kompresor seri 1HP-1LP sehingga bisa diwakilkan dengan satu model. Pemodelan konfigurasi kompresor paralel ditunjukkan oleh gambar 4.2 sedangkan konfigurasi kompresor 2HP-1LP dan 1HP-1LP ditunjukkan oleh gambar 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 4.3 Model sistem kompresi 2LP-1HP pada tekanan 200 psig



Gambar 4.4 Model sistem kompresi 1LP-1HP pada tekanan 200 psig dan dibawah tekanan 200 psig.

4.3. Simulasi kompresor paralel untuk menentukan batas operasi

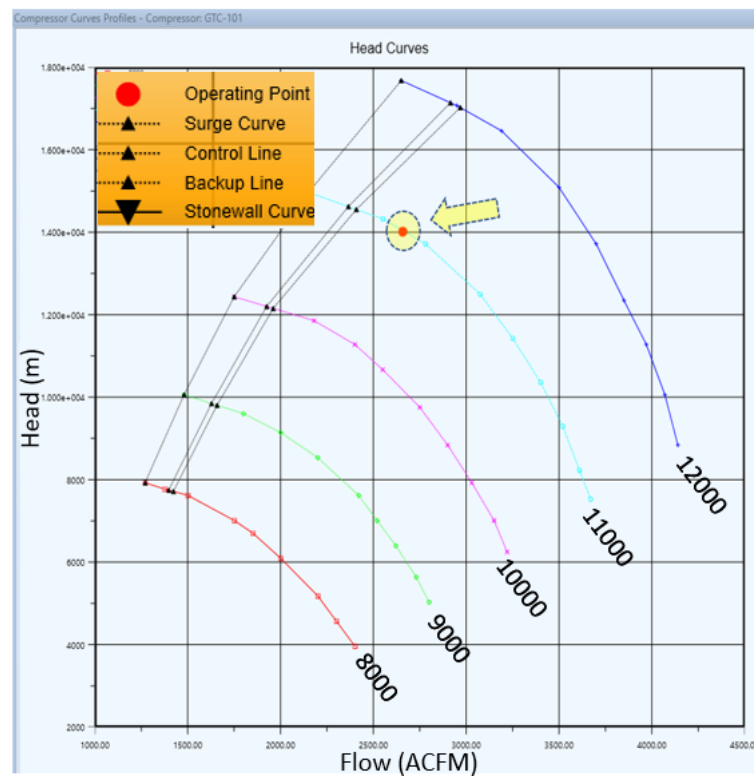
Pemodelan kondisi saat ini (kompresor paralel tekanan isap 318 psig) digunakan untuk membuat simulasi penurunan tekanan isap kompresor untuk mendapatkan batas nilai tekanan dimana gas sudah tidak mampu lagi dikompresi dengan kompresi satu tahap. Laju alir gas menuju kompresor satu dan kompresor dua adalah sama karena tidak ada pengaturan laju alir gas di aliran masuk kompresor. Performa kompresor satu dan dua adalah sama sehingga grafik simulasi performa kompresor juga sama. Hasil simulasi kompresor paralel untuk menentukan batas operasi dengan penurunan tekanan ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Tabel hasil simulasi kompresor paralel untuk menentukan batas operasi

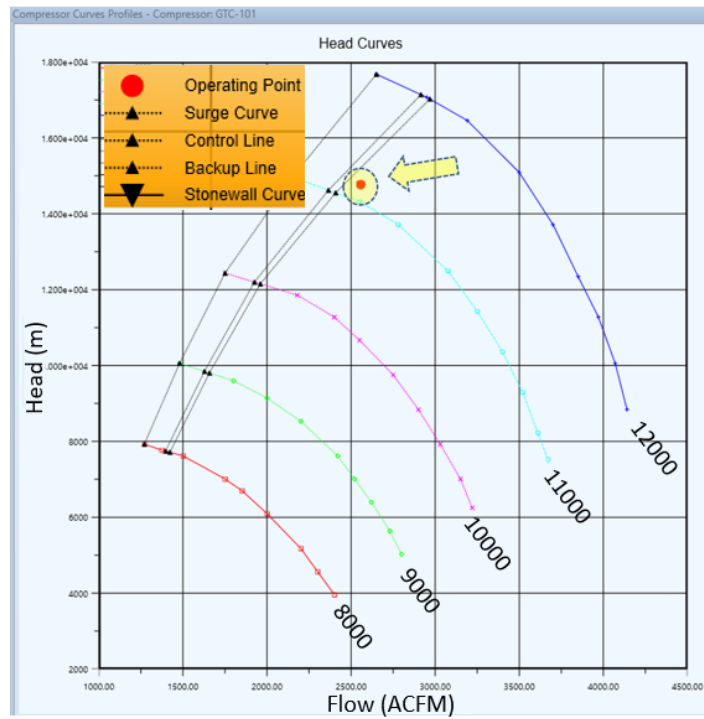
Parameter	Nilai			Unit
	318 psig- 198 mmscfd (1)	300 psig- 184 mmscfd (2)	270 psig- 166 mmscfd (3)	
Outlet inlet cooler	100	100	100	°F
Suction	318	300	270	psig
discharge	1150	1150	1150	psig
Temp. after cooler	120	120	120	psig
rpm	11040	11180	11580	rpm
Power	7148	6845	6729	hp
Fuel-1	2.707	2.707	2707	mmscfd
Fuel-2	4	4	4	mmscfd
sales gas	165.2	149.5	133.3	mmscfd
Performance Comp.	OK	OK	SURGING	

Pada Tabel 4.3. menunjukkan performa kompresor tidak efektif lagi untuk mengkompresi gas secara paralel pada tekanan dibawah 270 psig dengan satu

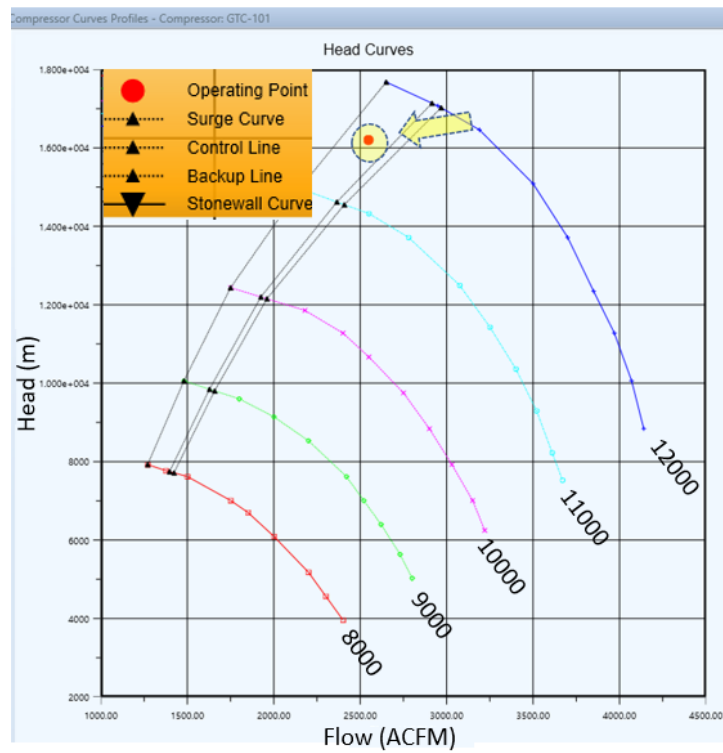
kompresi. Indikasi tidak efektif terlihat dari grafik kurva performa kompresor pada gambar 4.5c dimana titik operasi berwarna merah berada di sbelah kiri *surge line* yang menandakan kompresor dalam keadaan *surging* (kekurangan gas masuk).(Yoon et al., 2013, p. 8) Grafik performa kompresor untuk menentukan batas operasi kompresor paralel single stage ditunjukkan pada gambar 4.5a, 4.5b dan 4.5c.



Gambar 4.5a Grafik performa kompresor satu tahap pada tekanan 318 psig laju alir 198 mmscf.



Gambar 4.5b Grafik performa kompresor satu tahap pada tekanan 300 psig laju alir 184 mmscfd



Gambar 4.5c Grafik performa kompresor satu tahap pada tekanan 270 psig laju alir 166 mmscfd

4.4. Simulasi kompresor pada tekanan isap kompresor 200 psig

Simulasi kompresor pada tekanan isap 200 psig dilakukan sebanyak tiga kali yaitu simulasi untuk menentukan laju alir maksimum gas yang akan melewati kompresor dengan konfigurasi 2LP-1HP, simulasi untuk menentukan laju alir minimum gas yang akan melewati kompresor dengan konfigurasi 2LP-1HP dan simulasi untuk menentukan laju alir minimum gas yang akan melewati kompresor dengan konfigurasi 1LP-1HP.

4.4.1. Simulasi kompresor untuk menentukan laju alir maksimum dan minimum kompresor pada tekanan isap 200 psig

Hasil simulasi penentuan kapasitas maksimum kompresor pada tekanan isap 200 psig ditunjukkan pada tabel 4.4.

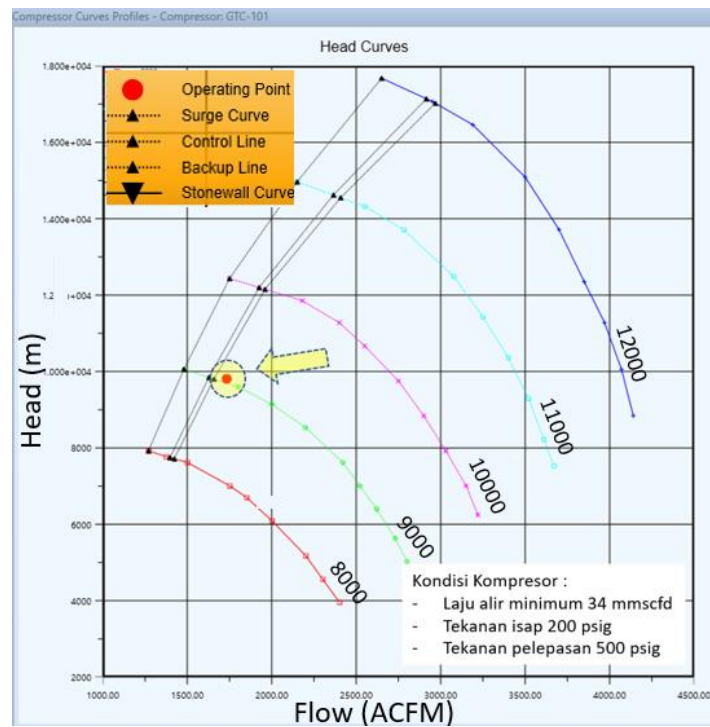
Tabel 4.4. Hasil simulasi kapasitas maksimum operasi kompresor pada tekanan operasi 200 psig 2LP-1HP

Operating Parameter	Unit	LP Compressor	HP Compressor
Suction Pressure	psig	200	485
Discharge Pressure	psig	500	1280
Discharge Temperature	oF	278	292
Max. Capacity	MMscfd	73.82	125.9
Power	HP	4626	7961
Speed	RPM	11490	10100
Threshold		<p style="text-align: center;">Max Power is 8000 HP Max Speed is 11500 RPM Max. Disch. Temp. is 330 °F (current TAH @335 °F)</p>	
Remark		Limited by speed Comp.	Limited by Power Comp.

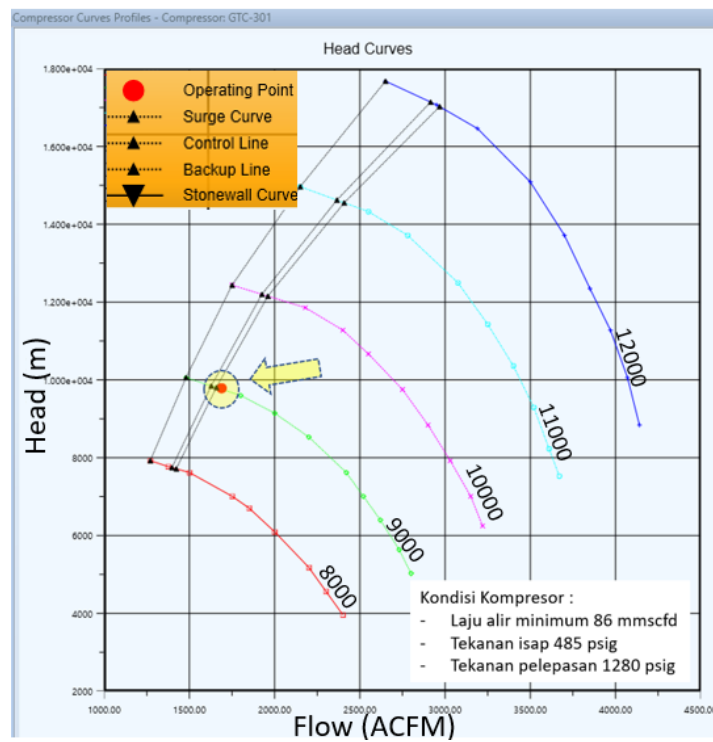
Dari hasil simulasi pada tabel 4.4. menunjukkan pada tekanan 200 psig satu unit kompresor LP mampu mengolah atau mengkompresi gas sebanyak 73.82 mmscfd (setara dengan 181 mmscfd total gas basah) dengan dibatasi oleh kecepatan maksimum desainnya. Pada kompresor HP kapasitas maksimum pada tekanan ini adalah 125.9 mmscfd (setara 154 mmscfd total gas basah) dengan dibatasi oleh daya kompresor, sehingga batasan maksimum operasional produksi gas pada tekanan 200 psig adalah sebesar 125.9 mmscfd. Berdasarkan data dari *subsurface* di gambar 1.1 menunjukkan mode operasi 200 psig bisa diimplementasikan di awal tahun 2022 akan tetapi karena fasilitas belum siap dan studi ini baru dimulai tahun 2021 maka implementasi mode operasi seri baru bisa diimplementasikan tahun 2023 dimana laju alir pada tahun tersebut diperkirakan sebesar 124 mmscfd berdasarkan data dari *subsurface*.

Perhitungan kapasitas peralatan di hitung berdasarkan simulasi kompresor pada saat instalasi peralatan selesai dimana pada saat instalasi selesai dan siap digunakan yaitu pada awal tahun 2023 dimana laju alir pada saat itu adalah sebesar 124 mmscfd (gas basah) tekanan 200 psig.

Hasil simulasi kompresor untuk menentukan laju alir gas minimum yang melewati kompresor pada tekanan isap 200 psig ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6a. Grafik performa LP kompresor pada laju alir minimum tekanan isap 200 psig



Gambar 4.6b. Grafik performa HP kompresor pada laju alir minimum tekanan isap 200 psig

4.4.2. Simulasi kompresor untuk menentukan batas mode paralel-seri dan mode seri pada kompresor dengan tekanan isap 200 psig

Hasil Simulasi pada kompresor dengan tekanan isap 200 psig dan mode operasi 2LP-1HP menunjukkan laju alir minimum kompresor sebesar 81 mmscfd menyebabkan surging pada unit kompresor, sehingga mode operasi 2LP-1HP tidak aman dijalankan pada kondisi ini, namun jika kompresor dijalankan dengan mode operasi 1LP-1HP tidak ada kendala pada performa kompresor.

4.4.3. Perhitungan kapasitas peralatan permukaan pada tekanan 200 psig

Hasil perhitungan kecepatan fluida (*velocity*) dan waktu tinggal fluida (*retention time*) pada bejana separator dan scrubber ditunjukkan oleh tabel 4.5. Hasil perhitungan momentum fluida pada separator dan scrubber ditunjukkan pada tabel 4.6. dan hasil pengecekan kelayakan cooler ditunjukkan tabel 4.7. Hasil perhitungan kapasitas perpipaan pada tekanan 200 psig selengkapnya terdapat di lampiran 2a. penelitian ini

Tabel 4.5. Hasil pengecekan *velocity* dan *retention time* separator dan scrubber pada tekanan 200 psig

Equipment	Tag Number	Velocity Check			Retention Time Check		
		Max Allowable Velocity	Calculated Velocity	Result	Retention Time Criteria	Retention Time	Result
		(m/s)	(m/s)		(minutes)	(minutes)	
Inlet Separator Train-1	V-101	0.83	0.19	OK	5	18.7	OK
Inlet Separator Train-2	V-201	0.83	0.25	OK	5	13.7	OK
Inlet Separator Train-3	V-301	0.84	0.41	OK	5	8.4	OK
Suction Scrubber Train-1 LP Comp	V-102	0.76	0.35	OK	5	868	OK

Suction Scrubber Train-2 LP Comp	V-202	0.76	0.35	OK	5	868	OK
Interstage Scrubber Train-3 HP Comp	V-302	0.52	0.34	OK	5	435	OK
Discharge Scrubber HP Comp	V-402	0.33	0.19	OK	5	326	OK

Tabel 4.6. Hasil pengecekan momentum separator dan scrubber pada tekanan 200 psig

Tag No.	Inlet Nozzle Adequacy Check				Outlet Nozzle Adequacy Check			
	Size	Max Allowable ρv^2	Calculated ρv^2	Result	Size	Max Allowable ρv^2	Calculated ρv^2	Result
	(in)	(kg.m/s ²)	(kg.m/s ²)		(in)	(kg.m/s ²)	(kg.m/s ²)	
V-101	12	8,000	1,251	OK	12	3,750	1,093	OK
V-201	14	8,000	2,319	OK	14	3,750	2,026	OK
V-301	18	8,000	512	OK	20	3,750	448	OK
V-102	18	4,000	709	OK	20	3,750	709	OK
V-202	18	4,000	709	OK	20	3,750	709	OK
V-302	18	4,000	1,365	OK	20	3,750	1,365	OK
V-402	24	4,000	307	OK	24	3,750	307	OK

Tabel 4.7. Hasil pengecekan kelayakan cooler pada tekanan 200 psig

No	Tag Number	Criteria					
		Required Duty	Available Duty	Result	Required UA	Available UA	Result
		MMBtu/hr	MMBtu/hr		Btu/hr.oF	Btu/hr.oF	
1	E-101 A/B	15.49	50	OK	146,504	847,457	OK
2	E-201 A/B	21.08	32	OK	213,980	379,078	OK
3	E-301 A/B	32.97	73	OK	413,191	915,889	OK
4	E-102/202 A/B	8.73	29	OK	116,471	484,346	OK
5	E-302 A/B	20.98	29	OK	344,636	484,346	OK

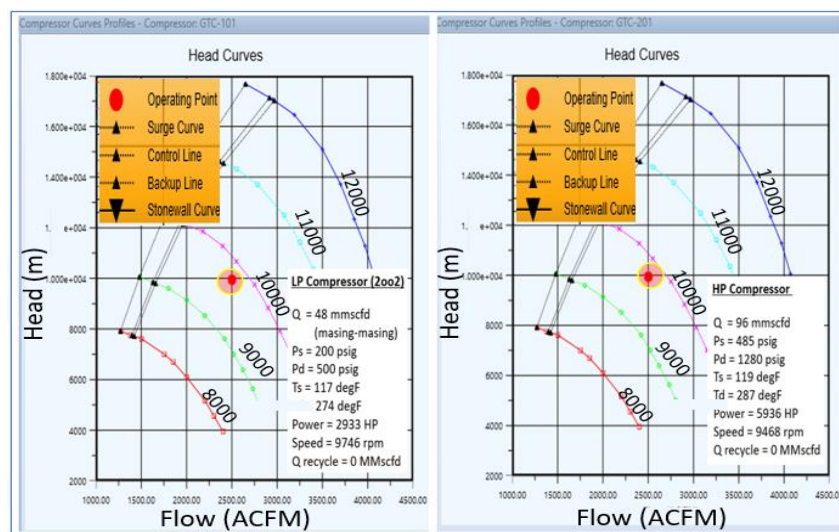
Berdasarkan simulasi yang dilakukan terhadap peralatan permukaan pada tekanan isap 200 psig menunjukkan hasil perhitungan *velocity* fluida, *retention time*

dan momentum fluida pada *separator* dan *scrubber* masih berada dibawah maksimum peralatan yang diijinkan. Hasil perhitungan beban pendinginan yang dibutuhkan *cooler* juga masih dibawah kapasitas cooler sehingga mode operasi seri tekanan isap 200 psig bisa diimplementasikan dalam fasilitas di dalam pabrik pengolahan PT. Z.

4.4.4. Simulasi penentuan awal dan akhir laju alir kompresor pada tekanan isap 200 psig

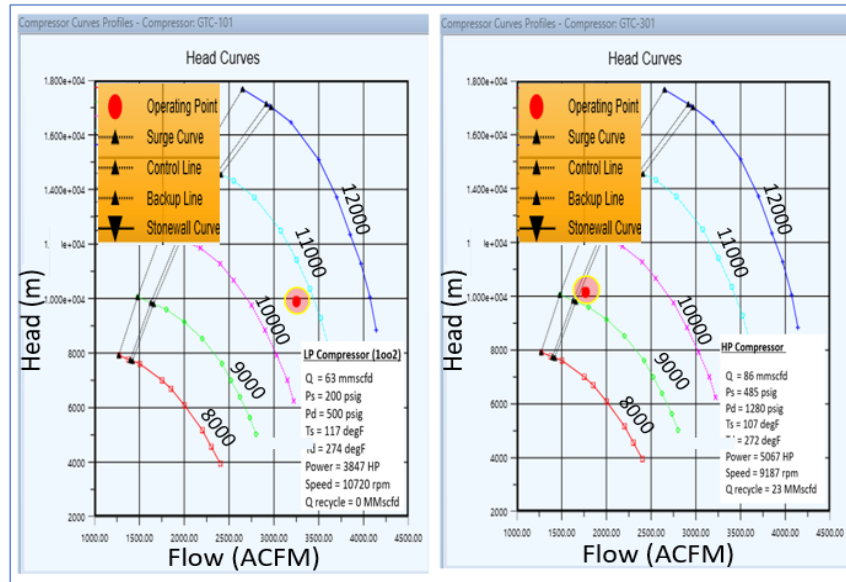
Simulasi ini bertujuan untuk menentukan parameter operasi yang direkomendasikan untuk dijalankan pada saat tekanan isap kompresor 200 psig dengan batasan laju alir awal 124 mmcsfd (awal *start up*) dan diakhiri dengan kapasitas minimum kompresor hasil simulasi pada sub bab 4.4.1.

Hasil simulasi performa kompresor untuk menentukan awal dan akhir operasi plant pada tekanan isap kompresor 200 psig ditunjukkan pada gambar 4.7a dan gambar 4.7b.



Gambar 4.7a. Grafik performa kompresor pada titik awal operasi kompresor pada saat tekanan isap 200 psig.

Berdasarkan hasil simulasi performa kompresor pada tekanan 200 psig maka diperoleh parameter operasi kompresor yang aman seperti pada tabel 4.8.



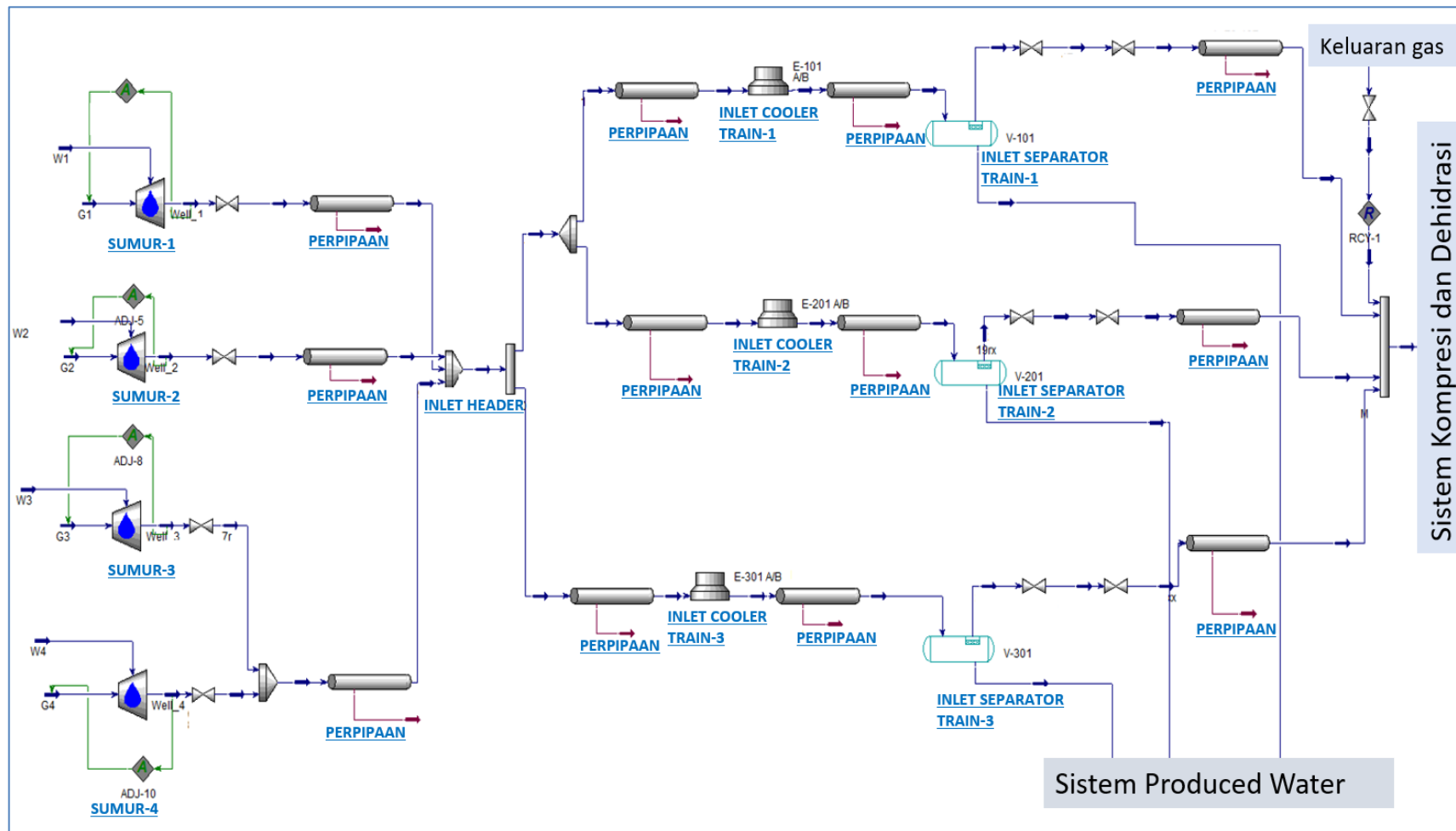
Gambar 4.7b. Grafik performa kompresor pada titik akhir operasi kompresor pada saat tekanan isap 200 psig.

Tabel 4.8. Parameter operasi kompresor tekanan isap 200 psig yang direkomendasikan berdasarkan simulasi HYSYS

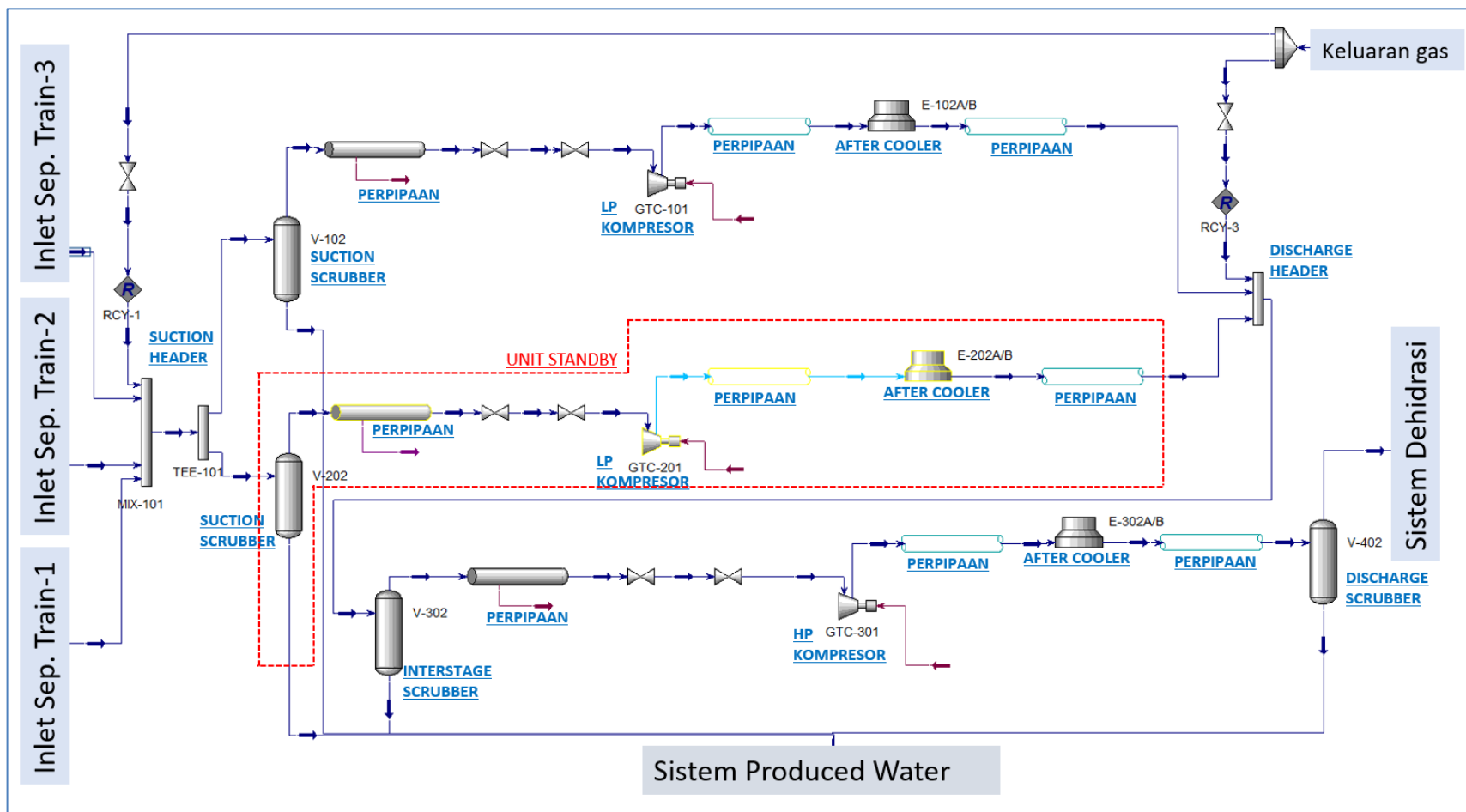
Parameter Operasi	Unit	Awal		Akhir	
		LP Comp.	HP Comp.	LP Comp.	HP Comp.
Mode Operasi		2LP-1HP		1LP-1HP	
Laju Alir gas	mmscfd	48	96	63	86
Tek. Masuk Komp.	psig	200	485	200	485
Tek. Keluar Komp.	psig	500	1280	500	1280
Temp. Masuk Komp.	°F	117	119	117	107
Temp. Keluar Komp.	°F	274	287	274	272
Tenaga	HP	2933	5936	3847	5067
Kecepatan	rpm	9746	9468	10720	9187
Laju alir Recycle	mmscfd	0	0	0	23
Gas dari Sumur	mmscfd	124		81	
Eksport Gas	mmscfd	90		57	

4.5. Pemodelan dan simulasi pada tekanan isap kompresor 165 psig

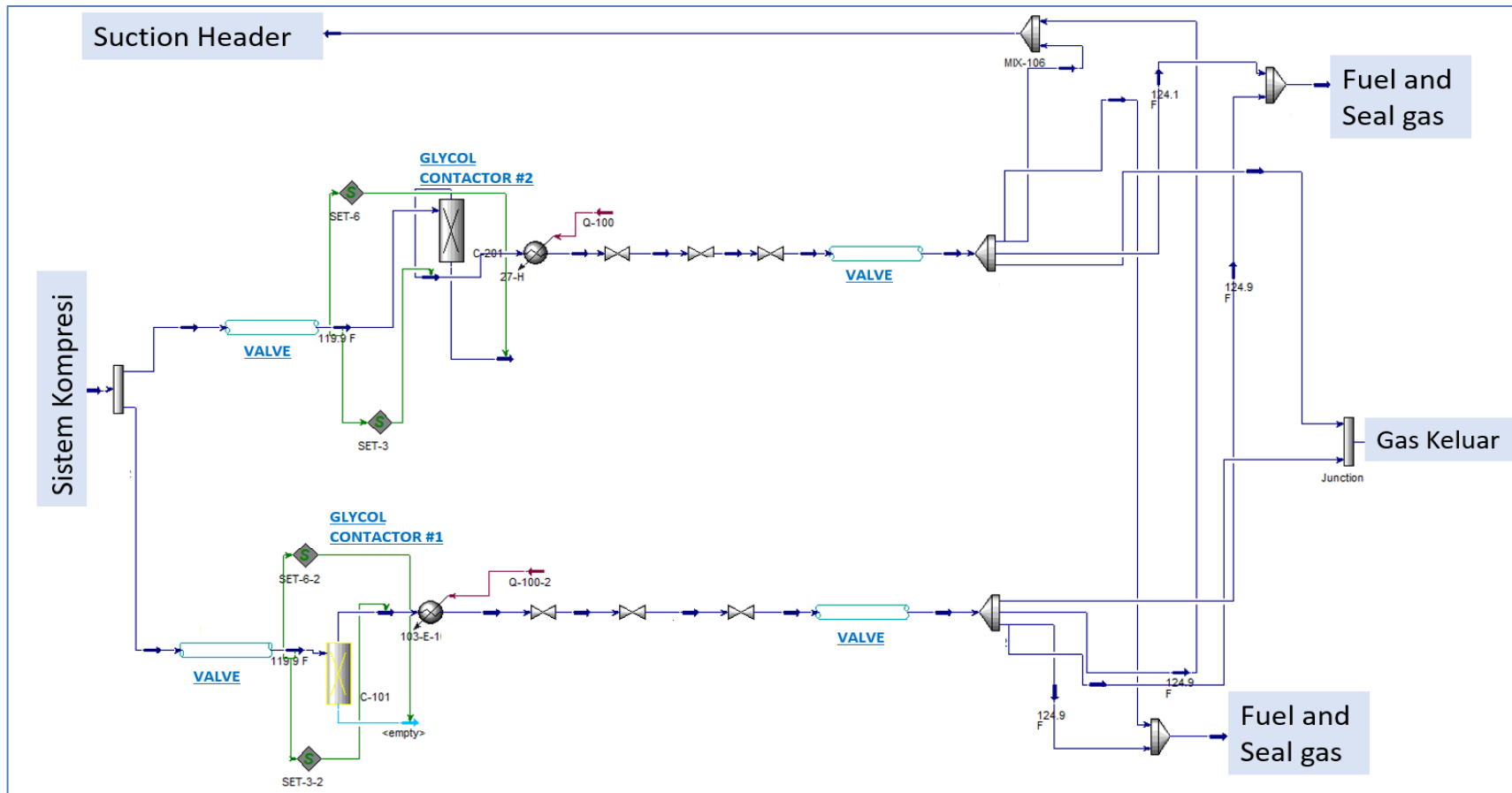
Konfigurasi kompresor pada tekanan 165 psig adalah 1L-1H dimana satu kompresor sebagai booster dan satu kompresor yang lain sebagai kompresor utama. Hasil Pemodelan fasilitas pada tekanan 165 psig seperti pada gambar 4.8a, gambar 4.8.b dan gambar 4.8c.



Gambar 4.8a. Model operasi pabrik 165 psig 1LP-1HP bagian pendinginan dan pemisahan awal



Gambar 4.8b. Model operasi pabrik 165 psig 1LP-1HP bagian kompresi



Gambar 4.8c. Model operasi pabrik 165 psig 1LP-1P bagian dehidrasi

Hasil Pemodelan pada tekanan 165 psig selanjutnya digunakan untuk simulasi proses menggunakan HYSYS dengan merubah aliran masuk kompresor untuk mendapatkan performa kompresor yang optimal.

Simulasi dibagi menjadi dua tahap yaitu simulasi untuk mendapatkan laju alir maksimum yang melewati kompresor dan laju alir minimumnya.

4.5.1. Simulasi kompresor untuk menentukan laju alir maksimum dan minimum kompresor pada tekanan isap 165 psig

Hasil simulasi kompresor untuk menentukan kapasitas maksimum kompresor beroperasi pada tekan isap 165 psig ditunjukkan pada tabel 4.9.

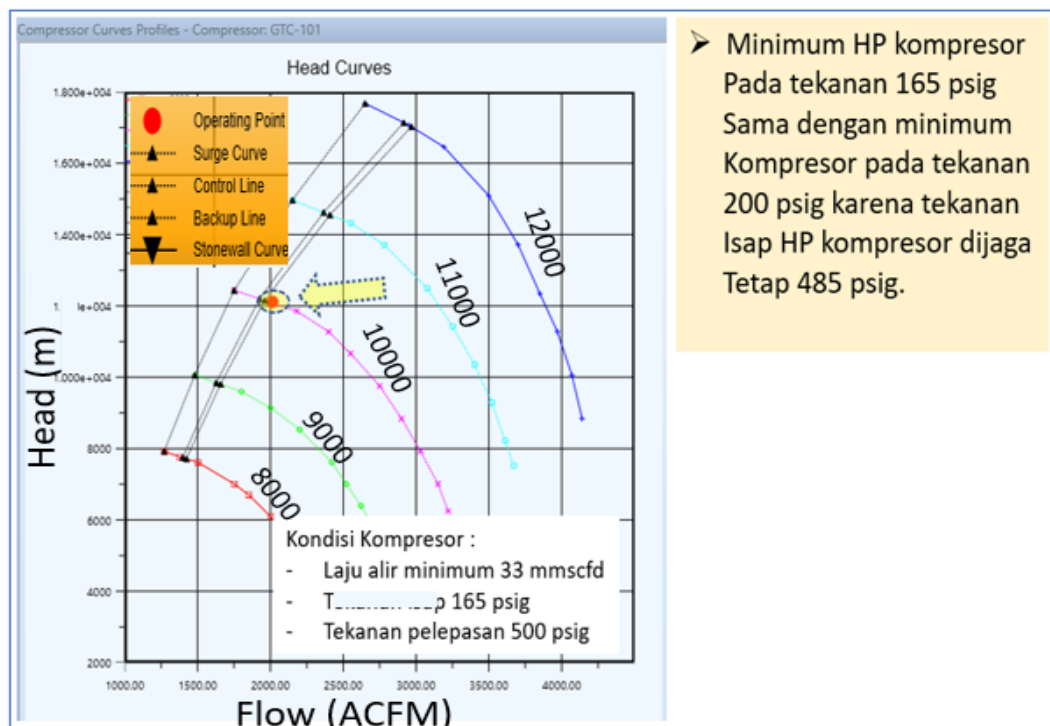
Tabel 4.9. Hasil simulasi kapasitas maksimum operasi kompresor pada tekanan operasi 165 psig

Operating Parameter	unit	LP Compressor	HP Compressor
Suction Pressure	psig	165	485
Discharge Pressure	psig	500	1280
Max. Capacity	MMscfd	58	133
Discharge Temperature	°F	308	263
Power	HP	4339	7992
Speed	RPM	11490	9932
Treshold		Max. Power is 8000 HP Max Speed is 11500 rpm Max. disch temp. is 330 °F	
Remark		Limited by speed	Limited by power

Dari hasil simulasi pada tabel 4.9 menunjukkan kapasitas maksimum kompresor LP mengkompresi gas adalah sebesar 58 mmscfd (setara dengan 81.6 mmscfd gas basah) dengan dibatasi oleh *speed* kompresor sedangkan kapasitas maksimum kompresor HP sebesar 134 mmscfd dibatasi oleh daya mesin

kompresor, sehingga kapasitas maksimum operasi plant sebesar 81 mmscfd gas basah. Perhitungan kapasitas peralatan berdasarkan tekanan 165 psig dan 81 mmscfd

Hasil simulasi kompresor untuk menentukan laju alir gas minimum yang melewati kompresor pada tekanan isap 165 psig ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Performa LP dan HP kompresor pada laju alir minimum kompresor pada tekanan isap 165 psig

4.5.2. Perhitungan kapasitas peralatan permukaan pada tekanan 165 psig

Hasil perhitungan kecepatan fluida (*velocity*) dan waktu tinggal fluida (*retention time*) pada bejana separator dan scrubber ditunjukkan oleh tabel 4.10.

Hasil perhitungan momentum fluida pada separator dan scrubber ditunjukkan pada tabel 4.11. dan hasil pengecekan kelayakan cooler ditunjukkan tabel 4.12. Hasil

perhitungan kapasitas perpipaan pada tekanan 165 psig selengkapnya terdapat di lampiran 2a. penelitian ini

Tabel 4.10. Hasil pengecekan *velocity* dan *retention time* separator dan scrubber pada tekanan 165 psig

Equipment	Tag No.	Velocity Check			Retention Time Check		
		Max Allowable Velocity	Cal. Velocity	Result	Retention Time Criteria	Retention Time	Result
		(m/s)	(m/s)		(min)	(min)	
Inlet Separator Train-1	V-101	0.9	0.14	OK	5	21.3	OK
Inlet Separator Train-2	V-201	0.9	0.2	OK	5	17.5	OK
Inlet Separator Train-3	V-301	0.91	0.32	OK	5	10.7	OK
Suction Scrubber Train-1 LP Comp	V-102	0.83	0.5	OK	5	730	OK
Suction Scrubber Train-2 LP Comp	V-202	0.83	0.5	OK	5	730	OK
Interstage Scrubber Train-3 HP Comp	V-302	0.52	0.3	OK	5	488	OK
Discharge Scrubber HP Comp	V-402	0.32	0.17	OK	5	230	OK

Tabel 4.11. Hasil pengecekan momentum separator dan scrubber tekanan 165 psig

Tag No.	Inlet Nozzle Adequacy Check				Outlet Nozzle Adequacy Check			
	Size	Max Allowable ρv^2	Calculated ρv^2	Result	Size	Max Allowable ρv^2	Calculated ρv^2	Result
	(in)	(kg.m/s ²)	(kg.m/s ²)		(in)	(kg.m/s ²)	(kg.m/s ²)	
V-101	12	8,000	661	OK	12	3,750	554	OK
V-201	14	8,000	1,206	OK	14	3,750	1,028	OK
V-301	18	8,000	267	OK	20	3,750	228	OK
V-102	18	4,000	1,200	OK	20	3,750	1,200	OK
V-202	18	4,000	1,200	OK	20	3,750	1,200	OK
V-302	18	4,000	1,084	OK	20	3,750	1,084	OK
V-402	24	4,000	244	OK	24	3,750	244	OK

Tabel 4.12. Hasil pengecekan kelayakan cooler pada tekanan 165 psig

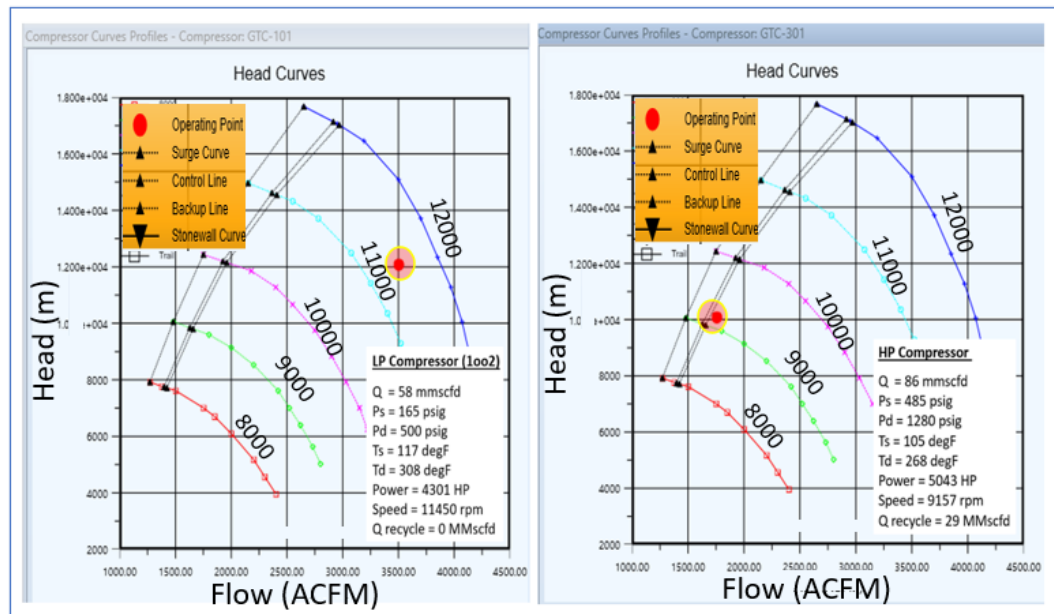
No	Tag No.	Criteria					
		Required Duty	Available Duty	Result	Required UA	Available UA	Result
		MMBtu/hr	MMBtu/hr		Btu/hr.oF	Btu/hr.oF	
1	E-101 A/B	12.42	50	OK	111,369	847,457	OK
2	E-201 A/B	16.91	32	OK	159,321	379,078	OK
3	E-301 A/B	26.46	73	OK	284,446	915,889	OK
4	E-102/201 A/B	12.79	29	OK	161,144	484,346	OK
5	E-301 A/B	16.42	29	OK	262,644	484,346	OK

Berdasarkan simulasi yang dilakukan terhadap peralatan permukaan pada tekanan 165 psig menunjukkan hasil perhitungan *velocity* fluida, *retention time* dan momentum fluida pada *separator* dan *scrubber* masih berada dibawah maksimum peralatan yang diijinkan. Hasil perhitungan beban pendinginan yang dibutuhkan *cooler* juga masih dibawah kapasitas cooler sehingga mode operasi seri tekanan isap 165 psig bisa diimplementasikan dalam fasilitas di dalam pabrik pengolahan gas PT. Z.

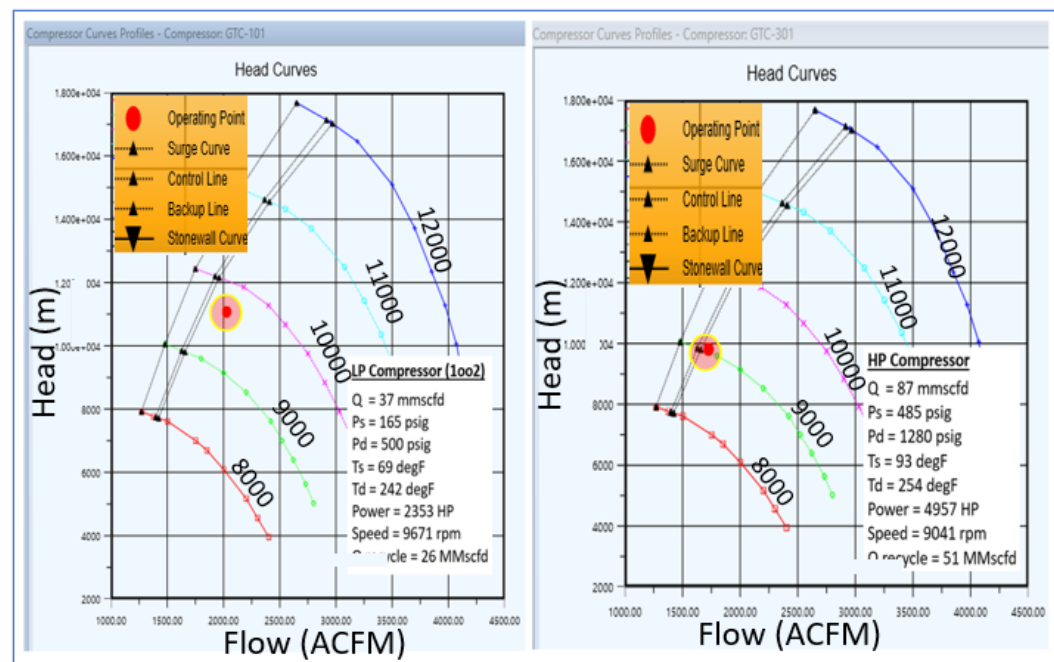
4.5.3. Simulasi penentuan awal dan akhir laju alir kompresor pada tekanan isap 165 psig

Simulasi ini bertujuan untuk menentukan parameter operasi yang direkomendasikan untuk dijalankan pada saat tekanan isap kompresor 165 psig dengan laju alir awal 81 mmscfd (gas basah) dan diakhiri dengan laju alir 15 mmscfd

Hasil simulasi penentuan awal dan akhir operasi plant pada tekanan isap kompresor 165 psig ditunjukkan pada gambar 4.10a dan gambar 4.10b.



Gambar 4.10a. Grafik performa kompresor pada titik awal operasi kompresor pada saat tekanan isap 165 psig.



Gambar 4.10b. Grafik performa kompresor pada titik akhir operasi kompresor pada saat tekanan isap 165 psig

Berdasarkan hasil simulasi performa kompresor pada tekanan 165 psig maka diperoleh parameter operasi kompresor yang aman seperti pada tabel 4.13.

Tabel 4.13. Parameter operasi kompresor tekanan isap 165 psig yang direkomendasikan berdasarkan simulasi HYSYS

Parameter Operasi	Unit	Awal		Akhir	
		LP Comp.	HP Comp.	LP Comp.	HP Comp.
Mode Operasi		1LP-1HP			
Laju Alir gas	mmscfd	58	86	37	87
Tek. Masuk Komp.	psig	165	485	165	485
Tek. Keluar Komp.	psig	500	1280	500	1280
Temp. Masuk Komp.	°F	117	105	69	93
Temp. Keluar Komp.	°F	308	268	242	254
Tenaga	HP	4301	5043	2353	4957
Kecepatan	rpm	11450	9157	9671	9041
Laju alir Recycle	mmscfd	0	29	26	51
Gas dari Sumur	mmscfd	81		15	
Eksport Gas	mmscfd	15		3.7	

4.6 Pemodelan dan simulasi pada tekanan isap kompresor 100 psig

Konfigurasi kompresor pada tekanan 100 psig adalah 1L-1H dimana satu kompresor sebagai booster dan satu kompresor yang lain sebagai kompresor utama. Pemodelan proses operasi tekanan isap kompresor 165 dan tekanan isap kompresor 100 psig adalah sama karena konfigurasinya sama.

4.6.1. Simulasi kompresor untuk menentukan laju alir maksimum dan minimum kompresor pada tekanan isap 100 psig

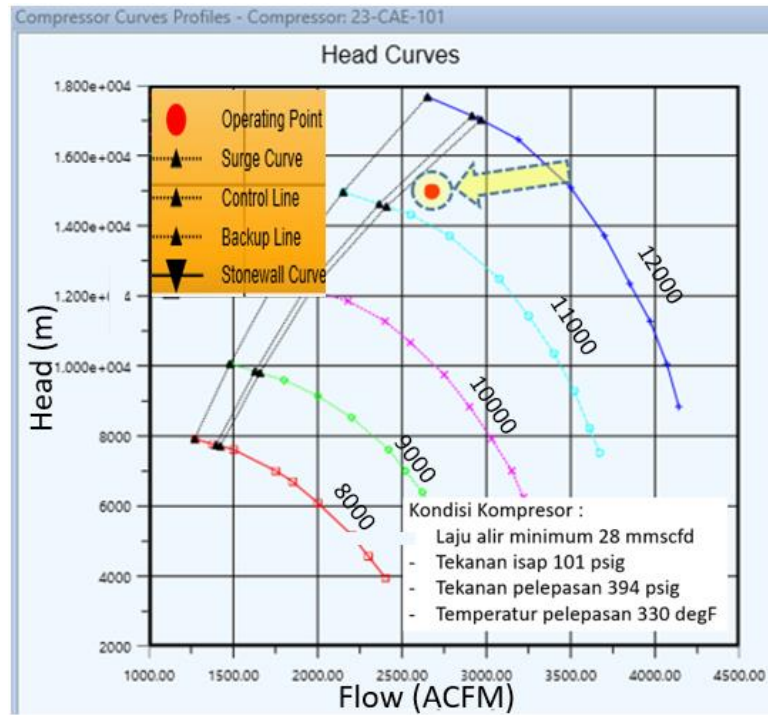
Hasil simulasi kompresor untuk menentukan kapasitas maksimum kompresor beroperasi pada tekan isap 100 psig ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14. Hasil simulasi kapasitas maksimum operasi kompresor pada tekanan operasi 100 psig

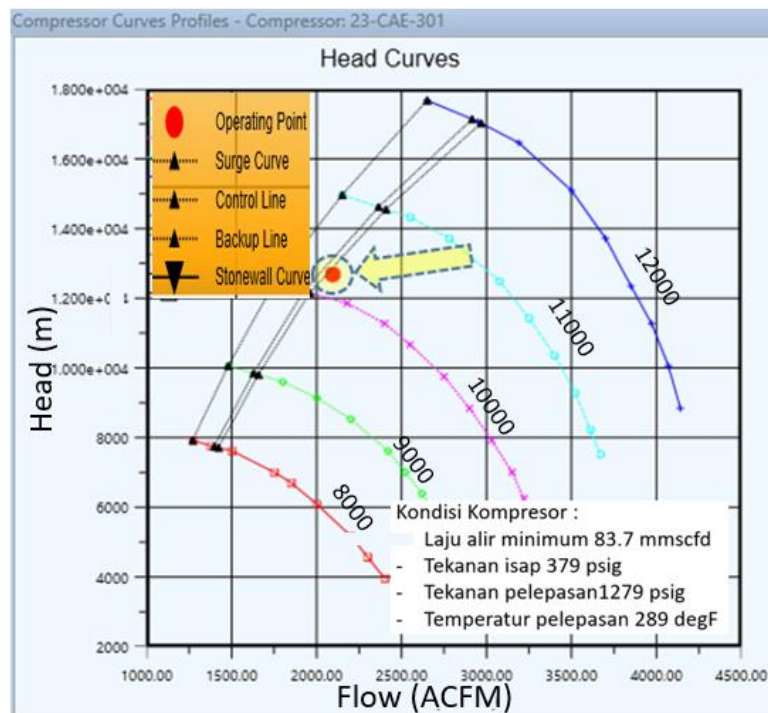
Operating Parameter	Unit	LP Compressor	HP Compressor
Suction Pressure	psig	101	379
Discharge Pressure	psig	394	1279
Discharge Temperature	oF	321	291
Max. Capacity	MMscfd	32.4	105.0
Power	HP	2864	7936
Speed	RPM	11500	10650
Threshold		<p style="text-align: center;"> Max Power is 8000 HP Max Speed is 11500 RPM Max. Disch. Temp. is 330 °F (current TAH @335 °F) </p>	
Remark		Limited by speed Comp.	Limited by Power Comp.

Dari hasil simulasi pada tabel 4.14 menunjukkan kapasitas maksimum kompresor LP mengkompresi gas pada tekanan isap 100 psig adalah sebesar 32.4 mmscfd (setara dengan 37.2 mmscfd gas basah) dengan dibatasi oleh *speed* kompresor. Kapasitas maksimum kompresor HP sebesar 105.0 mmscfd dibatasi oleh daya mesin kompresor, sehingga batasan maksimum operasional produksi gas pada tekanan 165 psig adalah sebesar 32.4 mmscfd. Berdasarkan data dari *subsurface* pada saat tekanan 100 psig kemampuan maksimum aliran gas sumur adalah 15 mmscfd, sehingga acuan perhitungan ulang peralatan permukaan didasarkan simulasi tekanan isap kompresor 100 psig dan aliran gas basah 15 mmscfd.

Hasil simulasi kompresor untuk menentukan laju alir gas minimum yang melewati kompresor pada tekanan isap 100 psig ditunjukkan pada gambar 4.11a dan gambar 4.11b.



Gambar 4.11a. Grafik performa LP kompresor pada laju alir minimum pada tekanan isap 100 psig



Gambar 4.11b. Grafik performa HP kompresor pada laju alir minimum pada tekanan isap 100 psig

4.6.2. Perhitungan kapasitas peralatan permukaan pada tekanan 100 psig

Hasil perhitungan kecepatan fluida (*velocity*) dan waktu tinggal fluida (*retention time*) pada bejana separator dan scrubber ditunjukkan oleh tabel 4.15. Hasil perhitungan momentum fluida pada separator dan scrubber ditunjukkan pada tabel 4.16. dan hasil pengecekan kelayakan cooler ditunjukkan tabel 4.17. Hasil perhitungan kapasitas perpipaan pada tekanan 165 psig selengkapnya terdapat di lampiran 2b. penelitian ini

Tabel 4.15. Hasil pengecekan *velocity* dan *retention time* separator dan scrubber pada tekanan 100 psig

Equipment	Tag No.	Velocity Check			Retention Time Check		
		Max Allowable Velocity	Calculated Velocity	Result	Retention Time Criteria	Retention Time	Result
		(m/s)	(m/s)		(min)	(min)	
Inlet Sep. Train-1	V-101	1.09	0.04	OK	5	92	OK
Inlet Sep. Train-2	V-201	1.09	0.05	OK	5	67	OK
Inlet Sep. Train-3	V-301	1.11	0.09	OK	5	41	OK
Suction Scrubber Train-1 LP Comp	V-102	1.14	0.36	OK	5	1563	OK
Suction Scrubber Train-2 LP Comp	V-202	1.14	0.36	OK	5	1563	OK
Interstage Scrubber	V-302	0.55	0.33	OK	5	495	OK
Discharge Scrubber HP Comp	V-402	0.28	0.15	OK	5	231	OK

Tabel 4.16. Hasil pengecekan momentum separator dan scrubber pada tekanan 165 psig

Tag No.	Inlet Nozzle Adequacy Check				Outlet Nozzle Adequacy Check			
	Size	Max Allowable $r u^2$	Calculated $r u^2$	Result	Size	Max Allowable $r u^2$	Calculated $r u^2$	Result
	(in)	(kg.m/s ²)	(kg.m/s ²)		(in)	(kg.m/s ²)	(kg.m/s ²)	
V-101	12	8,000	34	OK	12	3,750	28	OK
V-201	14	8,000	64	OK	14	3,750	51	OK
V-301	18	8,000	14	OK	20	3,750	11	OK
V-102	18	4,000	410	OK	20	3,750	410	OK
V-202	18	4,000	410	OK	20	3,750	410	OK
V-302	18	4,000	1,163	OK	20	3,750	1,163	OK
V-402	24	4,000	221	OK	24	3,750	221	OK

Tabel 4.17. Hasil pengecekan kelayakan cooler pada tekanan 100 psig

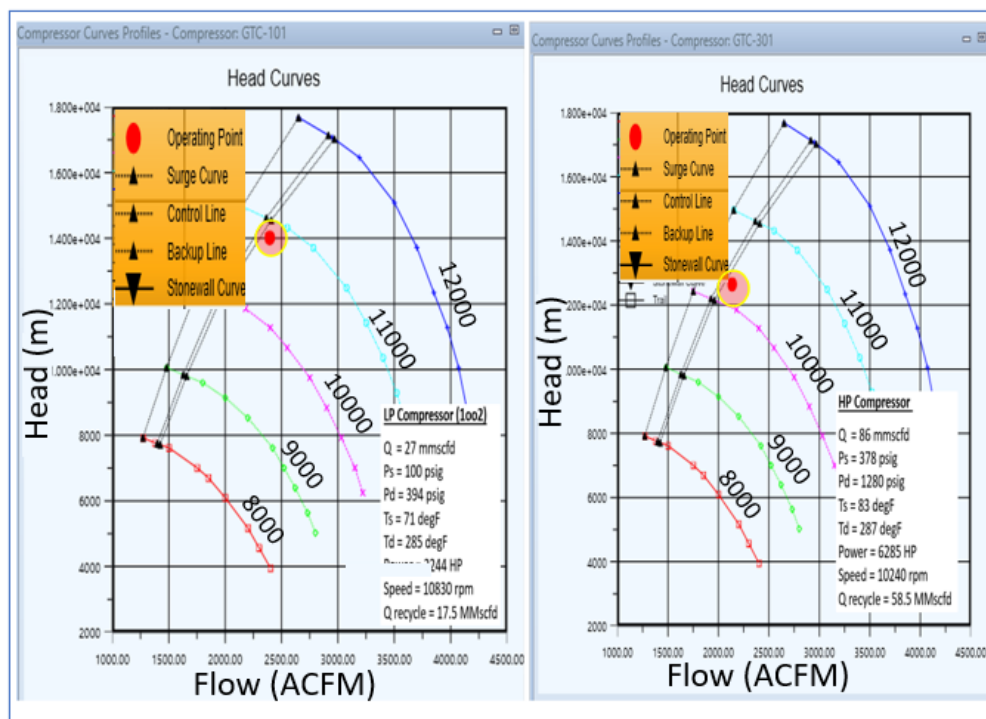
No	Tag No.	Criteria					
		Required Duty	Available Duty	Result	Required UA	Available UA	Result
		MMBtu/hr	MMBtu/hr		Btu/hr.oF	Btu/hr.oF	
1	E-101 A/B	2.006	50	OK	17,325	847,457	OK
2	E-201 A/B	2.735	32	OK	23,767	379,078	OK
3	E-301 A/B	4.309	73	OK	37,932	915,889	OK
4	E-102/202 A/B	4.936	29	OK	59,533	484,346	OK
5	E-302 A/B	18.18	29	OK	277,509	484,346	OK

Berdasarkan simulasi yang dilakukan terhadap peralatan permukaan pada tekanan 100 psig menunjukkan hasil perhitungan *velocity* fluida, *retention time* dan momentum fluida pada *separator* dan *scrubber* masih berada dibawah maksimum peralatan yang diijinkan. Hasil perhitungan beban pendinginan yang dibutuhkan *cooler* juga masih dibawah kapasitas cooler sehingga mode operasi seri tekanan isap 100 psig bisa diimplementasikan dalam fasilitas di dalam pabrik pengolahan gas PT. Z.

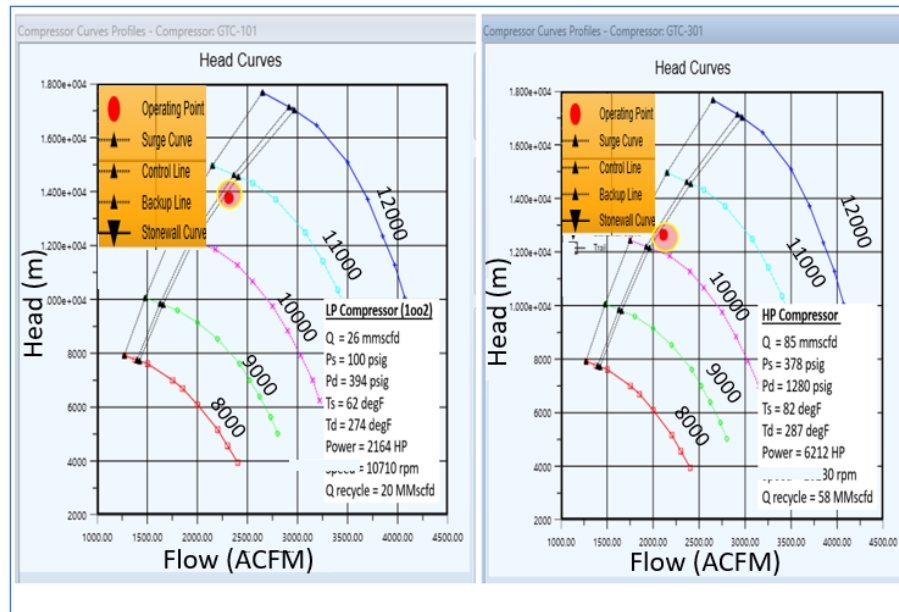
4.6.3. Simulasi penentuan awal dan akhir laju alir kompresor pada tekanan isap 100 psig

Simulasi ini bertujuan untuk menentukan parameter operasi yang direkomendasikan untuk dijalankan pada saat tekanan isap kompresor 100 psig dengan laju alir awal 15 mmscfd (gas basah) dan diakhiri dengan laju alir 12 mmscfd dibatasi oleh nilai keekonomisan produksi gas yaitu minimum 1 mmscfd

Hasil simulasi penentuan awal dan akhir operasi plant pada tekanan isap kompresor 100 psig ditunjukkan pada gambar 4.12a dan gambar 4.12b.



Gambar 4.12a. Grafik performa kompresor pada titik awal operasi pada saat tekanan isap 100 psig.



Gambar 4.12b. Grafik performa kompresor pada titik akhir operasi pada saat tekanan isap 100 psig.

Berdasarkan hasil simulasi performa kompresor pada tekanan 100 psig maka diperoleh parameter operasi kompresor yang aman seperti pada tabel 4.18.

Tabel 4.18. Parameter operasi kompresor tekanan isap 100 psig yang direkomendasikan berdasarkan simulasi HYSYS

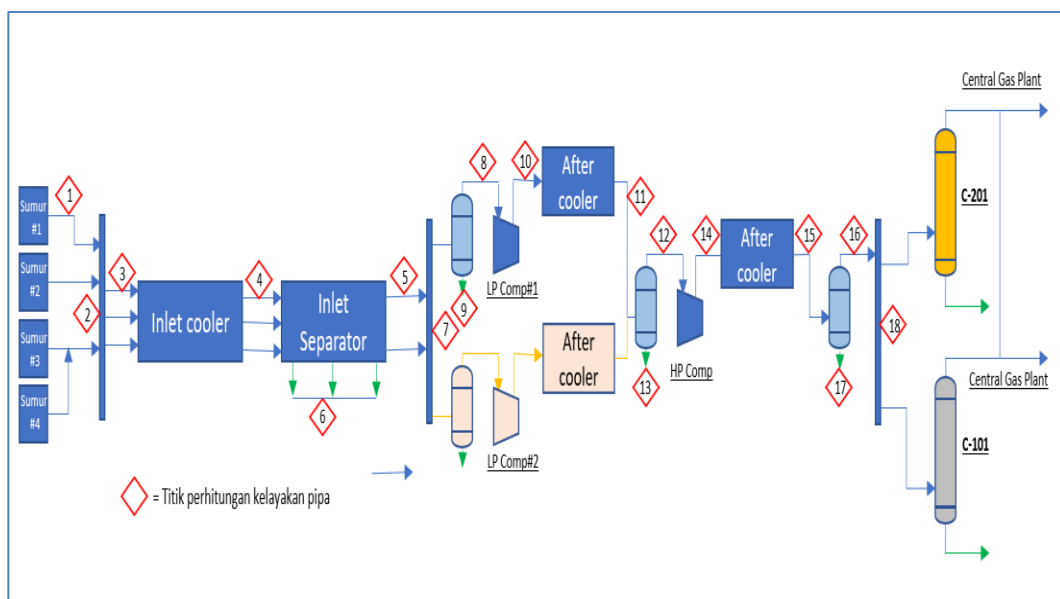
Parameter Operasi	Unit	Awal		Akhir	
		LP Comp.	HP Comp.	LP Comp.	HP Comp.
Mode Operasi		1LP-1HP			
Laju Alir gas	mmscfd	27	86	26	85
Tek. Masuk Komp.	psig	100	378	100	378
Tek. Keluar Komp.	psig	394	1280	394	1280
Temp. Masuk Komp.	°F	71	83	62	82
Temp. Keluar Komp.	°F	285	287	274	287
Tenaga	HP	2244	6285	2164	6212
Kecepatan	rpm	10830	10240	10710	10230
Laju alir Recycle	mmscfd	17.5	58.5	20	58
Gas dari Sumur	mmscfd	15		10	
Eksport Gas	mmscfd	3.9		1	

4.7. Penentuan titik perhitungan kelayakan pipa proses

Titik perhitungan pada pipa yang akan dihitung kelayakannya ditunjukkan pada gambar 4.13. Titik perhitungan pipa ini berdasarkan pada P&ID pada unit pengolahan gas PT. Z terbaru.

Berdasarkan dari hasil perhitungan *velocity* fluida pada perpipaan satu fasa dan dua fasa saat kompresor beroperasi pada tekanan isap 200 psig, 165 psig dan 100 psig menunjukkan nilai *velocity* fluida masih dibawah *erosional velocity* pipa (untuk aliran dua fasa) sedangkan untuk aliran satu fasa adalah dibawah 60 ft/s untuk fasa gas dan 15 ft/s untuk fasa cair, sehingga layak untuk diimplementasikan.

Penurunan tekanan per 100 ft pada mode operasi kompresor seri pada tekanan isap kompresor 200 psig hingga 100 psig menunjukkan nilai perhitungan berada dibawah standar maksimum API RP 14E untuk semua perpipaan proses pada tekanan operasi yang disimulasikan.



Gambar 4.13. Titik perhitungan pipa yang akan dihitung kelayakannya

4.8. Pemeriksaan Peralatan permukaan yang lain

4.8.1. Pemeriksaan kapasitas *Glycol Contactor* dan *Glycol Regeneration*

System

Pengujian kapasitas Glycol Contactor dan Glycol Regeneration System train-1 dan train-2 pernah dilakukan oleh PT.Z pada tahun 2012 dan tahun 2014. Berdasarkan pengujian kapasitas sistem glikol train-1 dan train-2 mampu mengolah gas hidrokarbon basah dari sumur hingga 310 mmscfd dan menghasilkan gas kering sebesar 170 mmscfd setiap train dengan parameter standard yang diijinkan. Hasil pengujian kapasitas sistem glikol train-1 dan train-2 ditunjukkan pada tabel 4.19.

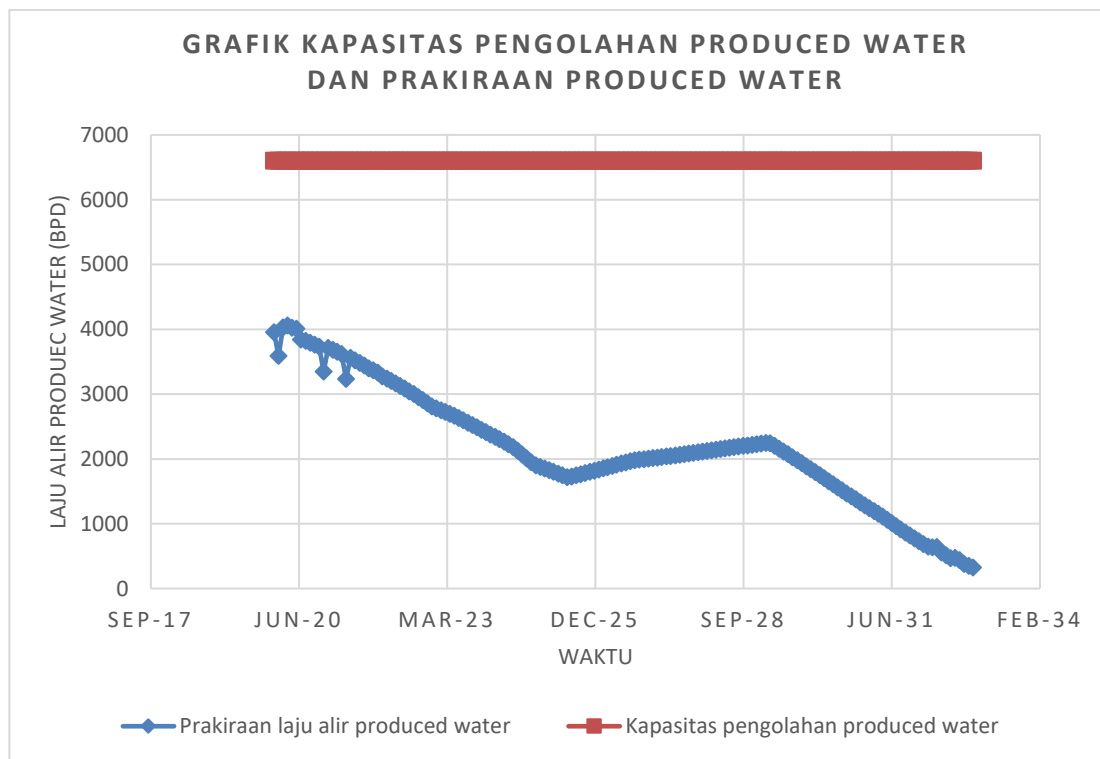
Tabel 4.19. Hasil uji kapasitas sistem glikol di PT. Z

No	Sistem	Tanggal diujikan	Laju alir gas kering	Laju alir sirkulai glikol	Dew Point	Temp. Reboiler
			MMscfd	gpm	lb/MMscf	°F
1	Sistem Glikol Train-1	8-14 Agustus 2012	170	12 (rata-rata)	8.6 (maks.)	380 (rata-rata)
2	Sistem Glikol train-2	30-31 Agustus 2014	170	22 (minimum beban motor pompa)	5.6 (maks.)	370 (rata-rata)

Berdasarkan hasil uji diatas, *glycol dehydration system* bisa dipastikan mampu untuk mengolah gas dari sumur selama periode penurunan tekanan isap 200 psig hingga 100 psig karena kapasitas sistem glycol masih diatas produksi gas dari sumur yaitu 124 mmscfd pada tekanan 200 psig.

4.8.2. Pemeriksaan kapasitas *Produced Water System*

Berdasarkan data subsurface dari departemen *well operation*, *produced water* yang dihasilkan dari sumur merupakan air jenuh bukan air formasi sehingga tidak akan menambah volume produksi air dari dalam sumur. Kapasitas unit pengolahan *produced water* di PT. Z adalah sebesar 6600 BPD. Berdasarkan prakiraan subsurface laju alir *produced water* hingga tahun 2032 masih berada dibawah desain kapasitas maksimumnya. Data dari *subsurface* di tunjukan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. Grafik hubungan laju alir *produced water* yang dihasilkan dan kapasitas pengolahannya (data subsurface)

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan HYSYS produksi air pada sistem *produced water* pada tekanan isap 200 psig sampai 100

psig masih dibawah desain maksimum kapasitas pengolahannya sehingga tidak memerlukan modifikasi unitnya. Perbandingan laju alir produksi air berdasarkan prakiraan *subsurface* dan *simulator* ditunjukkan pada tabel 4.20.

Tabel 4.20. Perbandingan prakiraan laju alir produced water menggunakan simulator dan dari data subsurface.

	Tekanan Operasi 200 psig		Tekanan Operasi 165 psig		Tekanan Operasi 100 psig	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD	BPD
Kapasitas Unit pengolahan Produced water	6600	6600	6600	6600	6600	6600
Produksi Air (<i>produced water</i>) berdasarkan simulasi	3624	2369	3170	612	733	508
Produksi air (<i>produced water</i>) berdasarkan prakiraan subsurface	2740	2227	2227	645	645	439

4.9. Biaya investasi

4.9.1. Biaya investasi *Re-staging compressor*

Re-staging compressor adalah penambahan unit kompresor baru sebagai stage kedua unit kompresor lama yang akan berfungsi menaikkan tekanan gas dari kompresor stage kesatu menjadi tekanan tinggi untuk transportasi gas ke *central gas plant*. Perkiraan biaya untuk proyek *re-staging compressor* ditunjukkan pada tabel 4.21. Secara umum biaya investasi meliputi biaya Engineering yaitu studi kelayakan, keselamatan, investasi dan desain detil engineering, biaya pembelian barang baik kompresor sebagai peralatan utama dan barang pendukung lainnya

seperti perpipaan, instrumentasi, kelistrikan dan bangunan. Biaya lainnya adalah biaya konstruksi diantaranya manpower, pembangunan fasilitas sementara selama proyek, biaya kontraktor dan biaya tambahan lainnya.

Tabel 4.21. Perkiraan biaya investasi re-staging compressor

Keterangan biaya	Harga, US\$	Keterangan
Engineering	931,564	EPC Detail Engineering
Procurement		
Major Engineering	6,261,093	2nd Stage Compressor, Anti Surge Valve, and Nitrogen (N2) for Dry Gas Seal Backup
Bulk Material	3,532,945	Piping, Instrument, Electrical, Civil & Structural
Construction	11,024,084	Direct Construction Manpower, Temporary Facility, Construction Equipment, and EPC Contractor PMT
General Support	3,649,658	Transportation, PPO, and Insurance
Total, US\$	25,399,344	

4.9.2. Biaya pengeboran sumur baru

Anggaran belanja untuk pengeboran suatu sumur dikenal dengan AFE (*Authorization For Expenditure*). Komponen AFE terdiri dari biaya *tangible* dan *intangible*. Biaya *tangible* ini merupakan biaya yang dapat dihitung secara pasti penggunaannya, karena biaya ini tidak dipengaruhi oleh lamanya waktu pengeboran. Sedangkan biaya *intangible* merupakan biaya yang tidak pasti karena dipengaruhi lamanya waktu operasi pemboran berlangsung. Biaya pengeboran sumur baru secara keseluruhan adalah biaya total keseluruhan dalam suatu pengeboran yang terdiri dari biaya *dry hole* dan biaya kompleksi dimana masing-masing biaya memiliki komponen *tangible* dan *intangible*. Biaya *dry hole* adalah besarnya biaya yang dibutuhkan dalam suatu pengeboran sumur hingga tercapai kedalaman. Biaya

kompleksi adalah biaya yang dihitung sejak mulai running casing hingga selesai pekerjaan sumur. Biaya pengeboran sumur sangat dipengaruhi oleh konstruksi sumur, kapasitas rig yang digunakan, biaya material pemboran, biaya service dan lamanya waktu pemboran. Biaya eksplorasi sumur minyak dan gas bumi di Indonesia rata-rata US\$ 15 juta – US\$30 juta per sumur tergantung pada lokasi, teknologi yang digunakan dan kedalaman sumur.

4.9.3. Biaya investasi modifikasi kompresor paralel menjadi seri

Perkiraan biaya investasi yang akan dikeluarkan untuk memodifikasi kompresor gas dari paralel menjadi seri relatif lebih kecil dibandingkan dengan *re-staging* kompresor dan pengeboran sumur baru. Komponen utama menghitung biaya modifikasi kompresor gas ini adalah material, detail engineering, *commissioning* dan *general support*. Perkiraan biaya modifikasi GTC paralel menjadi GTC seri ditunjukkan pada tabel 4.22.

Tabel 4.22. Perkiraan biaya modifikasi GTC paralel menjadi GTC seri

No.	Keterangan	Perkiraan Biaya (Rp.)	Perkiraan Biaya (USD)
1	Material: Pipa, valve, reducer, flange, Instrumentasi	21,848,200,000.00	1,517,236.11
	Modifikasi Control Logic dan dry seal gas	3,744,000,000.00	260,000.00
	Pengelasan, hidrotest, coating, pasang pipa, valve, scaffolding, sewa crane dan TMC, man Power	6,959,411,750.00	483,292.48
2	Detail Engineering	4,320,000,000.00	300,000.00
3	Commissioning	720,000,000.00	50,000.00
4	General Support	1,739,852,937.50	120,823.12
Total Biaya		39,331,464,687.50	2,731,351.71