

PRA PERANCANGAN PABRIK SODIUM SULFAT DEKAHIDRAT ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) DENGAN PROSES MANNHEIM KAPASITAS 104.000 TON/TAHUN

Dianita Ivana Permata¹, Alifia Rahma Putri N¹., Nadia Ayumna Fa'iqoh¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No.37, Sumbersari, Jember 68121 Indonesia
e-mail : ivanapermata45@gmail.com

Abstrak

Perencanaan pabrik sodium sulfat dekahidrat dengan kapasitas 104.000 ton/tahun akan didirikan di kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik dengan luas lahan 31 hektar. Pabrik beroperasi selama 330 hari/tahun dan akan dibangun pada tahun 2027. Pendirian pabrik didasarkan pada kebutuhan sodium sulfat dekahidrat yang meningkat, jumlah impor lebih besar dibanding jumlah ekspornya, dan rendahnya produksi sodium sulfat dekahidrat secara komersil.

Produksi sodium sulfat dekahidrat dalam jumlah besar dan skala industri umumnya menggunakan proses Mannheim. Bahan baku garam dan asam sulfat direaksikan di furnace dengan suhu 800 °C. Hasil dari proses tersebut berupa slurry sodium sulfat dan pengotor garam. Kemudian slurry diangkut menuju reaktor untuk mengendapkan pengotor garam dari produk utama dengan penambahan koagulan dan air sebagai pelarut. Selanjutnya, slurry dialirkan ke filter press untuk pemisahan dengan pengotor yang telah mengendap. Hasil dari filter press dikristalkan untuk menghasilkan kristal sodium sulfat dekahidrat dengan suhu operasi 5 °C. Pemisahan kristal dengan larutan yang tidak terkristalkan terjadi di centrifuge. Setelah itu, kristal di keringkan di rotary dryer dan diseragamkan ukurannya menjadi 200 mesh sebelum dimasukkan ke tangki penyimpanan produk. Kemurnian sodium sulfat dekahidrat sebesar 98,90%. Asam klorida sebagai hasil samping diubah fasanya menjadi liquid dengan konsentrasi 32%. Sehingga, produk yang dihasilkan keduanya siap untuk dijual.

Bentuk perusahaan adalah persero terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 228. Menurut analisa ekonomi, didapat hasil TCI sebanyak Rp. 1.826.706.987.341 dengan pengembalian modal selama 2,5 tahun. Sehingga diperoleh BEP sebesar 42%. Dari hasil tersebut, pabrik layak didirikan.

Kata kunci : sodium sulfat dekahidrat, asam klorida, Mannheim.

1. Pendahuluan

Sodium sulfat dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) memiliki nama lain *sal mirabilis* dan dalam bentuk anhidratnya, senyawa ini berbentuk padatan kristal putih dengan nama sodium sulfat (Na_2SO_4). Sodium sulfat dekahidrat merupakan hasil purifikasi dari sodium sulfat dengan cara dikristalkan kembali (Garrett, 2001). Kegunaan sodium sulfat dekahidrat diantaranya sebagai campuran dalam pembuatan deterjen, sabun, *pulp* kertas, dan sebagainya. Penggunaan sodium sulfat dekahidrat dari tahun ke tahun selalu meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Badan Pusat Statistika tahun 2017 menjelaskan bahwa kebutuhan impor sodium sulfat di Indonesia masih lebih besar dibanding dengan kebutuhan ekspornya. Kebutuhan sodium sulfat dekahidrat dalam berbagai industri dinilai sangat banyak dan beragam, namun Indonesia belum bisa memenuhi kebutuhan tersebut karena produksi yang sangat rendah dan merupakan hasil samping (*byproduct*) dari produksi *viscose rayon* (Ar-rosyidah et al., 2016).

Pembuatan sodium sulfat dekahidrat dalam jumlah besar dapat diperoleh dari proses Mannheim, yaitu pemanasan antara garam (NaCl) dan asam sulfat

(H_2SO_4). Proses ini menghasilkan produk samping berupa HCl (Budiman, 2006). Salah satu pertimbangan mendirikan pabrik sodium sulfat adalah Indonesia hingga saat ini masih mengimpor sodium sulfat dari negara lain. Jumlah impor menurut Badan Pusat Statistika tahun 2022 sebesar 299.122,223 ton/tahun. Oleh karena itu, perencanaan pabrik sodium sulfat dekahidrat memiliki keuntungan dari segi ekonomi karena kebutuhan yang meningkat dan dapat mengurangi jumlah impor di Indonesia. Juga dapat menciptakan lapangan kerja sehingga dapat meningkatkan perekonomian nasional.

Pabrik direncanakan beroperasi pada tahun 2027 dengan waktu operasi 330 hari/tahun. Lokasi pabrik berada di kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik dengan beberapa pertimbangan, seperti letaknya dekat dengan bahan baku, transportasi mudah baik jalur darat maupun laut, dan distribusi produk lebih dekat dengan konsumen. Kapasitas produksi dari pabrik sodium sulfat dekahidrat sebesar 104.000 ton/tahun, dimana hasil tersebut merupakan perkiraan kebutuhan sodium sulfat dekahidrat lima tahun kedepan. Bahan baku garam didapat dari PT. Garam Persero di Kabupaten Sampang dan asam sulfat dari PT. Petrokimia Gresik.



Kedua pabrik tersebut dipilih karena produksinya yang melimpah dan letak yang dekat dengan lokasi pabrik.

Perhitungan kebutuhan sodium sulfat dekahidrat dapat dilihat dari tabel impor dan ekspor dibawah ini.

Tabel 1 Jumlah impor dan Ekspor Sodium Sulfat Dekahidrat

Tahun	Impor	Ekspor
2018	324.819	40.277
2019	211.446	79.673
2020	317.659	59.259
2021	267.397	62.429
2022	299.122	29.469

Berdasarkan tabel 1 dapat diperkirakan kebutuhan sodium sulfat dekahidrat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$m_3 = m_1 + m_2 - \text{Total Kapasitas Pabrik}$$

Perhitungan diatas menghasilkan jumlah kapasitas pabrik yang akan diproduksi sebesar 104.000 ton/tahun.

2. Pemilihan Proses

2.1 Macam-macam proses

Proses pembuatan sodium sulfat dekahidrat terdapat beberapa jenis, seperti proses Hargreaves Robinson dan proses Mannheim. Perbandingan kedua proses dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan proses Hargreaves Robinson dengan proses Mannheim

Aspek	Proses Mannheim	Proses Hargreaves-Robinson
Teknis	1. Kontrol proses lebih mudah 2. Prosesnya berlangsung kontinyu	1. Reaksi SO ₂ dan O ₂ dalam keadaan gas lebih kompleks dalam perencanaannya dan proses kontrolnya 2. Proses batch
Ekonomis	1. Bahan baku NaCl dan H ₂ SO ₄ yang mudah didapat dan murah 2. Penyimpanan bahan baku tidak memerlukan desain khusus	1. Bahan baku SO ₂ lebih mahal, serta pengolahan bahan baku memerlukan alat dan biaya yang lebih mahal 2. Memerlukan desain khusus untuk penyimpanan bahan baku
Yield	97-99,7%	90%-95%

Tekanan	1 atm	1 atm
Suhu	843°C	427°C
Fase	Solid-Liquid	Liquid-Gas
Jenis reaksi	Endotermis	Endotermis
Biaya bahan baku	NaCl : Rp. 8700/kg	NaCl : Rp. 8700/kg
	H ₂ SO ₄ : Rp. 152.000/kg	SO ₂ : Rp. 730.000/kg

Pemilihan proses ditinjau dari berbagai aspek, seperti harga bahan baku yang lebih murah, alat dan kontrol proses yang digunakan lebih sederhana dan mudah, *yield* yang dihasilkan lebih besar, dan produk samping bisa dijual kembali. Maka, dari tabel diatas proses pembuatan sodium sulfat dekahidrat dipilih menggunakan proses Mannheim.

2.2 Uraian Proses

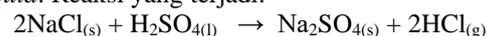
Proses Mannheim memiliki beberapa tahapan, diantaranya yaitu :

a. Pretreatment

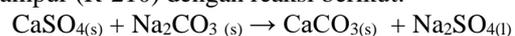
Tahap persiapan bahan baku merupakan tahapan dimana garam dengan kandungan 97% dari *storage* NaCl (F-111). Kemudian garam diumpungkan ke *furnace* tipe box (Q-110) menggunakan *belt conveyor* (J-112). Secara bersamaan asam sulfat dialirkan dari *storage* H₂SO₄ (F- 113) menggunakan pompa (L-114) ke *furnace* (Q-110).

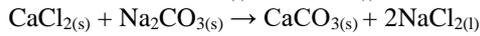
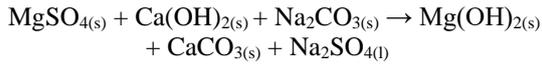
b. Reaksi

Tahapan awal NaCl dipindahkan melalui *belt conveyor* (J-112), sedangkan larutan H₂SO₄ 98% dipompa (L-114) dari *storage* (F-113) lalu dimasukkan ke *furnace* (Q-110) dengan suhu operasi yang mencapai titik lebur NaCl 800°C dengan tekanan 1 atm. Kemudian NaCl dan H₂SO₄ dipanaskan secara bertahap dengan reaksi yang terjadi pada fase *solid – liquid*. Reaksi yang terjadi:

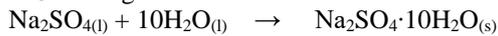


Hasil yang keluar dari *furnace* (Q-110) berupa produk samping yaitu uap HCl yang akan menuju spray condenser (E-122) yang berfungsi untuk menangkap produk samping gas yang berasal dari *furnace* (Q-110) maka dari itu mampu memperoleh HCl dengan fase *liquid* dengan bantuan H₂O. HCl dengan fase *liquid* tersebut kemudian disimpan ke dalam tangki penyimpanan (F-123), sedangkan untuk produk utama yang keluar dari *furnace* (Q-110) berupa *slurry* Na₂SO₄ dan campuran garam berupa CaSO₄, MgSO₄, CaCl₂ yang selanjutnya dialirkan menuju reaktor (R-210) dengan menggunakan *screw conveyor* (J-116). Sebelum ke reaktor (R-210) keluaran *furnace* akan diturunkan suhunya dengan bantuan cooler (E-115). Reaktor (R-210) yang berisikan *slurry* Na₂SO₄ dan campuran garam akan ditambahkan dengan Na₂CO₃ dan Ca(OH)₂ untuk direaksikan dengan penambahan H₂O (*water process*) sebagai pelarut. Hal ini berfungsi untuk mengikat campuran garam dalam reaktor pencampur (R-210) dengan reaksi berikut:





Campuran garam berupa CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 dapat dihilangkan dengan menambahkan senyawa kimia berupa Na_2CO_3 dan Ca(OH)_2 . Reaksi yang dihasilkan berupa endapan CaCO_3 dimana ion Ca^{+} berfungsi sebagai flokulan yang mampu meningkatkan kemurnian garam dari pengotor (Gemati et al., 2013). Campuran yang dihasilkan akan dipompa (L-211) ke *Filter Press* (H-216). Cake dibuang ke unit pengolahan limbah dan filtrat yang diperoleh akan dipompa (L-217) ke *Crystallizer* (X-310). Reaksi yang terjadi pada *Crystallizer* sebagai berikut:



Pengkristalkan larutan dapat dilakukan dengan cara menurunkan suhu dimana suhu kristalisasinya mencapai 5°C dalam *Crystallizer* (X-310) dengan ammonia sebagai media pendingin. *Solubility* $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ sebesar 35,9 g/100mL air, maka untuk terbentuknya inti kristal akan diperoleh pada suhu kristalisasi 5°C (Hugot, 1986)

c. Pemisahan

Kristal $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yang keluar dari *Crystallizer* (X-310) dialirkan menuju *Centrifuge* (H-311) yang berfungsi untuk memisahkan kristal yang terbentuk dengan *mother liquor*. *Mother liquor* dialirkan kembali untuk *direct cycle*, sedangkan kristal $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dipindahkan ke *Rotary Dryer* (B-313) menggunakan *belt conveyor* (J-312). Kemudian kristal kering dialirkan menggunakan *bucket elevator* (J-315) menuju *Screen* (H-318) yang berukuran 200 mesh. Kristal yang sesuai akan diteruskan menuju *storage* produk (F-320), sedangkan kristal yang tidak sesuai ukuran akan diseragamkan kembali menggunakan *ball mill* (C-319). Produk disimpan pada tangki penyimpanan (F-320).

3. Utilitas

Utilitas sangat berperan penting dalam menunjang proses produksi. Kebutuhan utilitas dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Kebutuhan utilitas

Kebutuhan	Jumlah
Air	358.394,16 L/jam
Listrik	764,71 kW/jam
Steam	2.629,13 kg/hari
Bahan bakar	8.644,46 kg/hari

4. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi dilakukan untuk melihat keuntungan dan kelayakan suatu pendirian pabrik. Beberapa parameter kelayakan harus diperhatikan sebelum mendirikan suatu pabrik. Parameter evaluasi ekonomi pabrik sodium sulfat dekahidrat dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Parameter Kelayakan Ekonomi

Komponen	Parameter	Hasil	Kelayakan
Annual Cash Flow	> % Bunga Bank	45%	Layak
Pay Out Time	< 5 tahun	2,56 tahun	Layak
Net Profit Over Total	> TCI + Jumlah	Rp. 7.363.682.629	Layak
Life of The Project	bunga bank	.340	
Total Capital sink	> TCI	Rp. 5.920.838.946.898	Layak
Rate of Return	> 11%	36%	Layak
Internal Rate of Return	> % Bunga bank	44%	Layak
Break Even Point	40 - 50 %	42%	Layak

Keterangan :

POT : waktu pengembalian seluruh pinjaman beserta bunga.

ROR : Laju pengembalian modal

BEP : titik dimana biaya dengan keuntungan sama

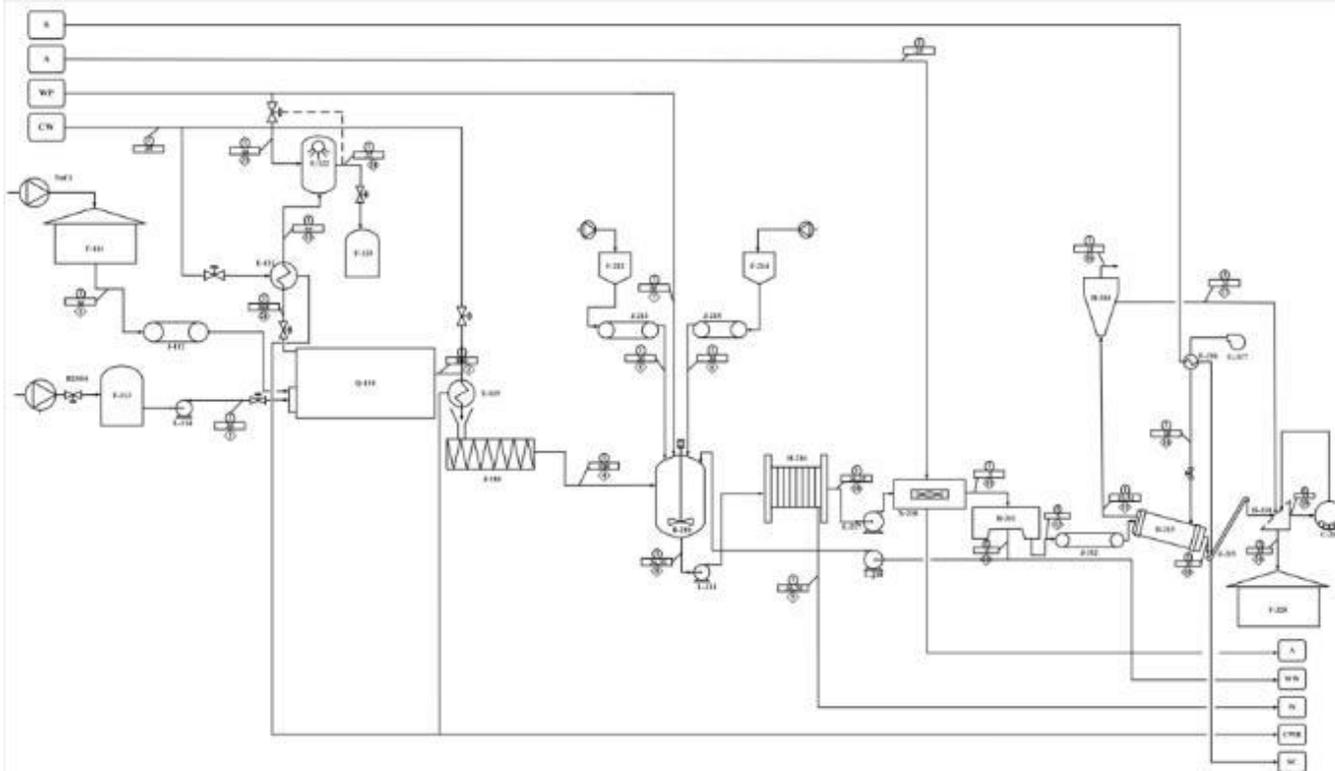
5. Kesimpulan

Hasil Analisa teknis dan ekonomi menghasilkan bahwa pabrik sodium sulfat dekahidrat kapasitas 104.000 tahun/ton direncanakan dibangun di kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik layak didirikan. Bentuk perusahaan persero terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 228 orang. Menurut evaluasi ekonomi nilai POT 2,5 tahun dengan nilai BEP sebesar 42%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M. (2016). *Pengolahan Limbah Industri: Dasar - Dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja* (E. Risanro, Ed.).
- Arifatul Chabibah, R., Rizky, D. M., Kartika Sari, E., Habiba, S., Chumaidi Jurusan Teknik Kimia, A., Negeri Malang, P., & Soekarno Hatta No, J. (2021). *Analisa Ekonomi Pra Rancangan Pabrik Kimia DPR (DISPROPORTIONATED ROSIN) Dengan Kapasitas 2000 Ton/Tahun*. 2, 436-442. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Ar-roseyidah, F. H., Rochman, H. A., Hendrianie, N., & Juliastuti, S. R. (2016). Studi Pendirian Pabrik Natrium Sulfat Dekahidrat di Kabupaten Sampang. *Jurnal Teknik ITS*, 5, 320-323.
- Asyrofa, W. (2019). *Desain Unit Utilitas pada Prarancangan Pabrik Propilen Glikol Kapasitas 50.000 Ton/Tahun*.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1979). *Equipment Vessel Design*.





KETERANGAN	
	Temperature - °C
	Tekanan - atm
	Steam Steam
	Cooling Water Return
	Water Process
	Waste Water
	Air Limbah
	Cooling Water

NO	NOOR	NAMA ALAT
1	P-001	TANGKAI PENYIMPANAN NaCl
2	F-001	REACTOR
3	P-002	TANGKAI PENYIMPANAN Ca(OH)2
4	P-003	REACTOR
5	P-004	REACTOR
6	P-005	REACTOR
7	P-006	REACTOR
8	P-007	REACTOR
9	P-008	REACTOR
10	P-009	REACTOR
11	P-010	REACTOR
12	P-011	REACTOR
13	P-012	REACTOR
14	P-013	REACTOR
15	P-014	REACTOR
16	P-015	REACTOR
17	P-016	REACTOR
18	P-017	REACTOR
19	P-018	REACTOR
20	P-019	REACTOR
21	P-020	REACTOR
22	P-021	REACTOR
23	P-022	REACTOR
24	P-023	REACTOR
25	P-024	REACTOR
26	P-025	REACTOR
27	P-026	REACTOR
28	P-027	REACTOR
29	P-028	REACTOR
30	P-029	REACTOR
31	P-030	REACTOR
32	P-031	REACTOR
33	P-032	REACTOR
34	P-033	REACTOR
35	P-034	REACTOR
36	P-035	REACTOR
37	P-036	REACTOR
38	P-037	REACTOR
39	P-038	REACTOR
40	P-039	REACTOR
41	P-040	REACTOR
42	P-041	REACTOR
43	P-042	REACTOR
44	P-043	REACTOR
45	P-044	REACTOR
46	P-045	REACTOR
47	P-046	REACTOR
48	P-047	REACTOR
49	P-048	REACTOR
50	P-049	REACTOR
51	P-050	REACTOR
52	P-051	REACTOR
53	P-052	REACTOR
54	P-053	REACTOR
55	P-054	REACTOR
56	P-055	REACTOR
57	P-056	REACTOR
58	P-057	REACTOR
59	P-058	REACTOR
60	P-059	REACTOR
61	P-060	REACTOR
62	P-061	REACTOR
63	P-062	REACTOR
64	P-063	REACTOR
65	P-064	REACTOR
66	P-065	REACTOR
67	P-066	REACTOR
68	P-067	REACTOR
69	P-068	REACTOR
70	P-069	REACTOR
71	P-070	REACTOR
72	P-071	REACTOR
73	P-072	REACTOR
74	P-073	REACTOR
75	P-074	REACTOR
76	P-075	REACTOR
77	P-076	REACTOR
78	P-077	REACTOR
79	P-078	REACTOR
80	P-079	REACTOR
81	P-080	REACTOR
82	P-081	REACTOR
83	P-082	REACTOR
84	P-083	REACTOR
85	P-084	REACTOR
86	P-085	REACTOR
87	P-086	REACTOR
88	P-087	REACTOR
89	P-088	REACTOR
90	P-089	REACTOR
91	P-090	REACTOR
92	P-091	REACTOR
93	P-092	REACTOR
94	P-093	REACTOR
95	P-094	REACTOR
96	P-095	REACTOR
97	P-096	REACTOR
98	P-097	REACTOR
99	P-098	REACTOR
100	P-099	REACTOR
101	P-100	REACTOR
102	P-101	REACTOR
103	P-102	REACTOR
104	P-103	REACTOR
105	P-104	REACTOR
106	P-105	REACTOR
107	P-106	REACTOR
108	P-107	REACTOR
109	P-108	REACTOR
110	P-109	REACTOR
111	P-110	REACTOR
112	P-111	REACTOR
113	P-112	REACTOR
114	P-113	REACTOR
115	P-114	REACTOR
116	P-115	REACTOR
117	P-116	REACTOR
118	P-117	REACTOR
119	P-118	REACTOR
120	P-119	REACTOR
121	P-120	REACTOR
122	P-121	REACTOR
123	P-122	REACTOR
124	P-123	REACTOR
125	P-124	REACTOR
126	P-125	REACTOR
127	P-126	REACTOR
128	P-127	REACTOR
129	P-128	REACTOR
130	P-129	REACTOR
131	P-130	REACTOR
132	P-131	REACTOR
133	P-132	REACTOR
134	P-133	REACTOR
135	P-134	REACTOR
136	P-135	REACTOR
137	P-136	REACTOR
138	P-137	REACTOR
139	P-138	REACTOR
140	P-139	REACTOR
141	P-140	REACTOR
142	P-141	REACTOR
143	P-142	REACTOR
144	P-143	REACTOR
145	P-144	REACTOR
146	P-145	REACTOR
147	P-146	REACTOR
148	P-147	REACTOR
149	P-148	REACTOR
150	P-149	REACTOR
151	P-150	REACTOR
152	P-151	REACTOR
153	P-152	REACTOR
154	P-153	REACTOR
155	P-154	REACTOR
156	P-155	REACTOR
157	P-156	REACTOR
158	P-157	REACTOR
159	P-158	REACTOR
160	P-159	REACTOR
161	P-160	REACTOR
162	P-161	REACTOR
163	P-162	REACTOR
164	P-163	REACTOR
165	P-164	REACTOR
166	P-165	REACTOR
167	P-166	REACTOR
168	P-167	REACTOR
169	P-168	REACTOR
170	P-169	REACTOR
171	P-170	REACTOR
172	P-171	REACTOR
173	P-172	REACTOR
174	P-173	REACTOR
175	P-174	REACTOR
176	P-175	REACTOR
177	P-176	REACTOR
178	P-177	REACTOR
179	P-178	REACTOR
180	P-179	REACTOR
181	P-180	REACTOR
182	P-181	REACTOR
183	P-182	REACTOR
184	P-183	REACTOR
185	P-184	REACTOR
186	P-185	REACTOR
187	P-186	REACTOR
188	P-187	REACTOR
189	P-188	REACTOR
190	P-189	REACTOR
191	P-190	REACTOR
192	P-191	REACTOR
193	P-192	REACTOR
194	P-193	REACTOR
195	P-194	REACTOR
196	P-195	REACTOR
197	P-196	REACTOR
198	P-197	REACTOR
199	P-198	REACTOR
200	P-199	REACTOR
201	P-200	REACTOR
202	P-201	REACTOR
203	P-202	REACTOR
204	P-203	REACTOR
205	P-204	REACTOR
206	P-205	REACTOR
207	P-206	REACTOR
208	P-207	REACTOR
209	P-208	REACTOR
210	P-209	REACTOR
211	P-210	REACTOR
212	P-211	REACTOR
213	P-212	REACTOR
214	P-213	REACTOR
215	P-214	REACTOR
216	P-215	REACTOR
217	P-216	REACTOR
218	P-217	REACTOR
219	P-218	REACTOR
220	P-219	REACTOR
221	P-220	REACTOR
222	P-221	REACTOR
223	P-222	REACTOR
224	P-223	REACTOR
225	P-224	REACTOR
226	P-225	REACTOR
227	P-226	REACTOR
228	P-227	REACTOR
229	P-228	REACTOR
230	P-229	REACTOR
231	P-230	REACTOR
232	P-231	REACTOR
233	P-232	REACTOR
234	P-233	REACTOR
235	P-234	REACTOR
236	P-235	REACTOR
237	P-236	REACTOR
238	P-237	REACTOR
239	P-238	REACTOR
240	P-239	REACTOR
241	P-240	REACTOR
242	P-241	REACTOR
243	P-242	REACTOR
244	P-243	REACTOR
245	P-244	REACTOR
246	P-245	REACTOR
247	P-246	REACTOR
248	P-247	REACTOR
249	P-248	REACTOR
250	P-249	REACTOR
251	P-250	REACTOR
252	P-251	REACTOR
253	P-252	REACTOR
254	P-253	REACTOR
255	P-254	REACTOR
256	P-255	REACTOR
257	P-256	REACTOR
258	P-257	REACTOR
259	P-258	REACTOR
260	P-259	REACTOR
261	P-260	REACTOR
262	P-261	REACTOR
263	P-262	REACTOR
264	P-263	REACTOR
265	P-264	REACTOR
266	P-265	REACTOR
267	P-266	REACTOR
268	P-267	REACTOR
269	P-268	REACTOR
270	P-269	REACTOR
271	P-270	REACTOR
272	P-271	REACTOR
273	P-272	REACTOR
274	P-273	REACTOR
275	P-274	REACTOR
276	P-275	REACTOR
277	P-276	REACTOR
278	P-277	REACTOR
279	P-278	REACTOR
280	P-279	REACTOR
281	P-280	REACTOR
282	P-281	REACTOR
283	P-282	REACTOR
284	P-283	REACTOR
285	P-284	REACTOR
286	P-285	REACTOR
287	P-286	REACTOR
288	P-287	REACTOR
289	P-288	REACTOR
290	P-289	REACTOR
291	P-290	REACTOR
292	P-291	REACTOR
293	P-292	REACTOR
294	P-293	REACTOR
295	P-294	REACTOR
296	P-295	REACTOR
297	P-296	REACTOR
298	P-297	REACTOR
299	P-298	REACTOR
300	P-299	REACTOR
301	P-300	REACTOR
302	P-301	REACTOR
303	P-302	REACTOR
304	P-303	REACTOR
305	P-304	REACTOR
306	P-305	REACTOR
307	P-306	REACTOR
308	P-307	REACTOR
309	P-308	REACTOR
310	P-309	REACTOR
311	P-310	REACTOR
312	P-311	REACTOR
313	P-312	REACTOR
314	P-313	REACTOR
315	P-314	REACTOR
316	P-315	REACTOR
317	P-316	REACTOR
318	P-317	REACTOR
319	P-318	REACTOR
320	P-319	REACTOR
321	P-320	REACTOR
322	P-321	REACTOR
323	P-322	REACTOR
324	P-323	REACTOR
325	P-324	REACTOR
326	P-325	REACTOR
327	P-326	REACTOR
328	P-327	REACTOR
329	P-328	REACTOR
330	P-329	REACTOR
331	P-330	REACTOR
332	P-331	REACTOR
333	P-332	REACTOR
334	P-333	REACTOR
335	P-334	REACTOR
336	P-335	REACTOR
337	P-336	REACTOR
338	P-337	REACTOR
339	P-338	REACTOR
340	P-339	REACTOR
341	P-340	REACTOR
342	P-341	REACTOR
343	P-342	REACTOR
344	P-343	REACTOR
345	P-344	REACTOR
346	P-345	REACTOR
347	P-346	REACTOR
348	P-347	REACTOR
349	P-348	REACTOR
350	P-349	REACTOR
351	P-350	REACTOR
352	P-351	REACTOR
353	P-352	REACTOR
354	P-353	REACTOR
355	P-354	REACTOR
356	P-355	REACTOR
357	P-356	REACTOR
358	P-357	REACTOR
359	P-358	REACTOR
360	P-359	REACTOR
361	P-360	REACTOR
362	P-361	REACTOR
363	P-362	REACTOR
364	P-363	REACTOR
365	P-364	REACTOR
366	P-365	REACTOR
367	P-366	REACTOR
368	P-367	REACTOR
369	P-368	REACTOR
370	P-369	REACTOR
371	P-370	REACTOR
372	P-371	REACTOR
373	P-372	REACTOR
374	P-373	REACTOR
375	P-374	REACTOR
376	P-375	REACTOR
377	P-376	REACTOR
378	P-377	REACTOR
379	P-378	REACTOR
380	P-379	REACTOR
381	P-380	REACTOR
382	P-381	REACTOR
383	P-382	REACTOR
384	P-383	REACTOR
385	P-384	REACTOR
386	P-385	REACTOR
387	P-386	REACTOR
388	P-387	REACTOR
389	P-388	REACTOR
390	P-389	REACTOR
391	P-390	REACTOR
392	P-391	REACTOR
393	P-392	REACTOR
394	P-393	REACTOR
395	P-394	REACTOR
396	P-395	REACTOR
397	P-396	REACTOR
398	P-397	REACTOR
399	P-398	REACTOR
400	P-399	REACTOR
401	P-400	REACTOR
402		



- Budiman, S. (2006). Pembuatan Natrium Sulfat Anhidrat (Na_2SO_4). *Aristoteles*, 4, 33–40.
- Dalimunthe, I. S. (2004). *Pengantar Teknik Refrigerasi*. 1–14.
- Dean, J. A. (John A., & Lange, N. A. (1999). *Lange's handbook of chemistry*. McGraw-Hill.
- Dewata, I., & Danhas Hendri, Y. (2018). *Pencemaran Lingkungan*.
- Faith, W. L., Keyes, & Clark. (1975). *Industrial Chemicals* (4th ed.). John Wiley and Sons Inc.
- Faith, W. L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. (1961). *Industrial Chemical*. John Wiley & Sons.
- Garrett, D. E. (2001). *Sodium sulfate: handbook of deposits, processing, properties, and use*.
- Gemati, A., Gunawan, & Khabibi. (2013). Pemurnian Garam NaCl melalui Metode Rekrystalisasi Garam Krosok dengan Penambahan Na_2CO_3 , NaOH dan Polialuminium Klorida untuk Penghilangan Pengotor Ca^{2+} dan Mg^{2+} . *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 2, 50–54.
- Gunawan, T., Tanujaya, H., & Aziz, A. (2014). Uji Eksperimental Mesin Pendingin Berpendingin Air Dengan Menggunakan Refrigeran R22 Dan Refrigeran R407C. *12*, 165–172.
- Himmelblau, D. M., & Riggs, J. B. (2003). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering* (7th ed.).
- Hugot, E. (1986). *Handbook of Cane Sugar Engineering* (3rd ed.).
- Ikbal, & Nugroho, R. (2006). Pengolahan Sludge Dengan Proses Biologi Anaerobik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1, 80–89.
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International.
- Khairiady, A. (2017). *Formulasi Sabun Cuci Piring Dengan Variasi Konsentrasi Kaolin-Bentonit Sebagai Penyuci Najis Mughalladzah*.
- Risianti, A. (2021). Pengaruh Modal Kerja dan Penjualan Terhadap Laba Bersih Pada Perusahaan Otomotif yang Tercatat di Bursa Efek Indonesia Periode 2013-2017. 1.
- Kusnarjo. (2010a). *Desain Pabrik Kimia*.
- Kusnarjo. (2010b). *Desain Pabrik Kimia*.
- Manuho, P., Makalare, Z., Mamangkey, T., & Swandari Budiarto, N. (2021). Analisis Break Even Point (BEP). *Jurnal Ipteks Akuntansi Bagi Masyarakat*, 5(1), 21–28.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Mintje, T., Lumintang, G. G., Ekonomi dan Bisnis, F., & Manajemen, J. (2017). Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3), Kepuasan Kerja Pengaruhnya Terhadap Kinerja Karyawan Maintenance Project PT. Meares Sopotan Mining. *Jurnal EMBA*, 5(3), 4225–4234.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.).
- Peters, M. s., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design And Economics For Chemical Engineering*. In *McGraw Hill International* (4th ed.). McGraw-Hill Internatinall.
- Pramyani Candra, I. A. P., & Marwati, N. M. (2020). Efektitas Metode Aerasi Dalam Menurunkan Kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD) Air Limbah Laundry. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 88–99.
- Rahayu Dewi, N. R., Ananda Putri, Y. R., Ni, H., & Achmad Roesyadi, dan. (2020). Studi Pendirian Pabrik Natrium Sulfat dengan Proses Mannheim. *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering*, 01(01), 5–8.
- Rusanti, W. D. (2020). *Ekonomi Teknik*.
- Sari, N. (2011). *Ekonomi Teknik*. Yayasan Humaniora.
- Sebastianus, B. H. (2015). *Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Sebagai Peranan Pencegahan Kecelakaan Kerja Di Bidang Kontruksi*. 301–308.
- Sitorus, E., Sutrisno, E., Armus, R., Gurning, K., Fatma, F., Parinduri, L., Priastomo, Y., & Marzuki Ismail, M. C. (2021). *Proses Pengolahan Limbah* (W. Ronal, Ed.).
- Situmeang, L. (2022). Manajemen Resiko K3. In Afridon (Ed.), *Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)* (1st ed., pp. 154–156). PT. Global Eksekutif Teknologi. <https://www.researchgate.net/publication/359257167>
- Smith, R. (2005). *Chemical Process Design and Integration*.
- Sulistyaningtyas, N. (2021). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Akibat Kerja Pada Pekerja Konstruksi: Literature Review. *Journal of Health Quality Development*, 1(1), 51–59.
- Tanjung, R. (2022). Alat Pelindung Diri. In Afridon (Ed.), *Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)* (1st ed., pp. 84–98). PT. Global Eksekutif Teknologi. <https://www.researchgate.net/publication/359257167>
- Towler, G., & Sinnott, R. (1999). *Chemical Engineering Design*.
- Ulrich, G. D. (1984). *A Guide To Chemical Engineering Process Design And Economics*.
- Von Plessen, H. (2000). Sodium Sulfates. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. https://doi.org/10.1002/14356007.a24_355
- Wahyuningsih, U., Sulisty, E., Rusjdi, H., Alfalah, W., Sudirmanto, S., & Prabowo, E. (2021). Pengenalan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di PT Cita Rasa Palembang. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri*, 3(2), 155–162. <https://doi.org/10.33322/terang.v3i2.431>
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment Selection and Design*.
- Widjajanti, R. (1995). Netralisasi Pada Pengolahan Limbah. *Bulletin Penelitian*, XVII, 19–23.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill

