



BAB IX

URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1 Penjelasan Tugas Khusus

PT. Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terlengkap di Indonesia, yang dimana PT. Petrokimia Gresik ini memproduksi berbagai macam pupuk. Selain memproduksi berbagai macam pupuk, PT. Petrokimia Gresik juga memproduksi bahan kimia, salah satu contohnya yakni Aluminium fluoride (AlF_3). Aluminium fluorida (AlF_3) merupakan hasil reaksi kimia melalui proses basah dari bahan-bahan mentah aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) dan asam fluosilikat (H_2SiF_6). AlF_3 merupakan bagian utama yang harus diperhatikan dalam proses penurunan titik cair alumina tersebut. Jika konsentrasi zat kimia di dalam AlF_3 tidak sesuai standar, maka tidak dapat dipakai. Pentingnya kualitas AlF_3 mengharuskan perusahaan PT. Petrokimia Gresik agar dapat membuat AlF_3 dengan sebaik mungkin, sehingga tidak dijumpainya ketidaksesuaian spesifikasi atau off spec. Permasalahan yang terjadi adalah seringkali terjadi off spec pada kandungan AlF_3 yang telah diproduksi. Jika produk off spec terlalu banyak dan terus bertambah, maka perusahaan akan memperoleh kerugian karena telah membuang banyak resources baik biaya, manusia mesin, maupun waktu.

Sepanjang periode operasional Mei hingga Agustus 2025, ditemukan sejumlah kasus produk AlF_3 yang mengalami kondisi *off-specification* pada parameter *untamp*. Penyimpangan ini diduga kuat berkaitan erat dengan ketidakstabilan variabel operasional pada unit *Calcliner M-3134*, terutama terkait efisiensi proses kalsinasi dalam menghilangkan kadar air bebas ($\text{free H}_2\text{O}$) serta pengaruh profil suhu termal terhadap densitas produk akhir. Fluktuasi panas di dalam *Calcliner M-3134* tidak hanya memengaruhi kadar air sisa, tetapi juga berpotensi mengubah distribusi ukuran kristal (*mesh*) akibat perlakuan panas yang tidak merata. Oleh karena itu, laporan tugas khusus ini disusun untuk mengevaluasi data operasional pada unit kalsinasi tersebut guna memetakan akar permasalahan



(*root cause*) dan merumuskan rekomendasi teknis yang aplikatif demi menjaga stabilitas mutu produk AlF_3 agar tetap sesuai dengan standar spesifikasi perusahaan.

IX.2 Fokus Evaluasi

Pelaksanaan tugas khusus ini bertujuan untuk melakukan peninjauan menyeluruh terhadap penurunan nilai *untamp density* pada produk AlF_3 . Evaluasi difokuskan pada analisis struktural untuk menilai sejauh mana distribusi ukuran partikel (mesh +325) memengaruhi karakteristik produk akhir setelah mengalami proses termal. Selain itu, dilakukan evaluasi aspek proses untuk melihat korelasi suhu operasional pada unit *Calcliner M-3134* terhadap efektivitas penguapan dan stabilitas struktur kristal. Evaluasi ini juga mencakup identifikasi pengaruh kadar air bebas hasil filtrasi terhadap integritas produk saat melewati tahap kalsinasi, guna memastikan stabilitas mutu produk dapat dikembalikan ke dalam koridor spesifikasi yang ditetapkan. Prosedur penyelesaian masalah diawali dengan tahapan identifikasi masalah melalui penentuan ambang batas kritis pada tiap parameter kualitas. Data primer yang bersifat kuantitatif diperoleh dari laporan harian Laboratorium Departemen Produksi III A periode Mei hingga Agustus 2025, yang mencakup parameter fisik seperti *untamp density* dan persentase mesh +325, parameter kimia berupa kadar *free* H_2O dan SiO_2 , serta parameter proses utama yaitu temperatur pada unit *Calcliner M-3134*. Seluruh data tersebut kemudian diinterpretasikan dan dibandingkan dengan standar teoritis perusahaan untuk memetakan pola penyimpangan melalui visualisasi tren operasional.

IX.3 Pembahasan

Untamp Density menjadi parameter kritis karena berkaitan langsung dengan kualitas kristal yang dihasilkan pada unit *Calcliner* dan efisiensi penghilangan kadar air pada unit *Calsinasi*. Densitas yang rendah atau di bawah standar dapat mengindikasikan adanya struktur kristal yang porous (berongga) atau terlalu halus, yang berisiko menyebabkan kerugian pada saat distribusi (debu berlebih) serta ketidakefektifan saat digunakan dalam sel elektrolisis.



Data yang di ambil dari laporan harian Departemen III A berupa *Untamp Density* , *Free H₂O* dan *Temperature Calciner M-3134* periode bulan Mei-Agustus 2025, sebagai berikut :

Tabel IX. 1 Data Harian Laboratorium Departemen III B

Hari, tanggal tahun	AlF ₃	Untamp	Mesh +325	F H ₂ O	Temperatur
	%	gr/ml	%	%	calciner
	min 94	min 70	min 85	max 18	min 700
Thursday, 1 May 2025	94,93	0,76	95,29	5,71	739
Friday, 2 May 2025	97,22	0,75	95,70	7,66	752
Saturday, 3 May 2025	95,14	0,76	95,70	10,29	721
Sunday, 4 May 2025	95,70	0,73	96,55	8,96	717
Monday, 5 May 2025	-				718
Tuesday, 6 May 2025	-				
Wednesday, 7 May 2025	96,65	0,73	93,10		
Thursday, 8 May 2025	97,61	0,73	94,83	12,04	726
Friday, 9 May 2025	94,27	0,75	95,60	8,70	708
Saturday, 10 May 2025	94,05	0,75	96,40	7,33	768
Sunday, 11 May 2025	95,81	0,75	94,63	8,46	748
Monday, 12 May 2025	96,37	0,75	94,96	9,33	774
Tuesday, 13 May 2025	96,34	0,77	96,55	8,99	744
Wednesday, 14 May 2025	95,07	0,74	95,77		756
Thursday, 15 May 2025	95,09	0,73	94,35		730
Friday, 16 May 2025	96,65	0,76	94,81	19,12	700
Saturday, 17 May 2025	96,08	0,76	88,58	11,76	700
Sunday, 18 May 2025	97,49	0,73	93,81		782
Monday, 19 May 2025	95,29	0,74	96,34	11,69	760
Tuesday, 20 May 2025	96,43	0,73	94,88	9,21	739
Wednesday, 21 May 2025	96,81	0,76	94,01	11,10	744
Thursday, 22 May 2025	97,87	0,74	90,64	9,21	758
Friday, 23 May 2025	96,01	0,73	95,16	8,03	745
Saturday, 24 May 2025	96,07	0,73	96,43	4,12	700
Sunday, 25 May 2025	96,47	0,74	96,28	8,46	700
Monday, 26 May 2025	96,47	0,74	94,00	12,51	700
Tuesday, 27 May 2025	94,53	0,73	93,20	9,13	744



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT.PETROKIMIA GRESIK
DEPARTEMEN PRODUKSI III B



**PETROKIMIA
GRESIK**
 Solusi Agroindustri

Wednesday, 28 May 2025	96,41	0,76	93,80	8,56	750
Thursday, 29 May 2025	96,12	0,75	94,60	9,20	734
Friday, 30 May 2025	96,54	0,72	94,22	9,60	706
Saturday, 31 May 2025	97,38	0,73	92,19	8,13	754
Sunday, 1 June 2025	96,11	0,75	97,01	7,60	758
Monday, 2 June 2025	96,06	0,74	91,79	6,94	754
Tuesday, 3 June 2025	96,75	0,75	85,21	4,79	700
Wednesday, 4 June 2025	97,67	0,74	92,55	14,10	700
Thursday, 5 June 2025	95,78	0,68	85,52	10,38	578
Friday, 6 June 2025	96,10	0,69	84,09	17,46	624
Saturday, 7 June 2025	97,56	0,72	86,56	11,67	776
Sunday, 8 June 2025	96,83	0,73	87,92	10,35	742
Monday, 9 June 2025	96,27	0,73	92,61	9,27	747
Tuesday, 10 June 2025	97,13	0,74	94,96	9,88	755
Wednesday, 11 June 2025	95,93	0,74	95,83	7,73	741
Thursday, 12 June 2025	96,85	0,76	95,01	10,72	754
Friday, 13 June 2025	96,53	0,75	95,90	13,30	700
Saturday, 14 June 2025	95,21	0,74	95,42	11,09	758
Sunday, 15 June 2025	96,25	0,74	95,53	10,22	760
Monday, 16 June 2025	95,61	0,75	93,00	13,82	748
Tuesday, 17 June 2025	95,21	0,75	90,20	10,73	755
Wednesday, 18 June 2025	96,44	0,75	96,17	9,64	765
Thursday, 19 June 2025	95,51	0,75	94,97	8,89	754
Friday, 20 June 2025	97,61	0,74	93,45	7,19	741
Saturday, 21 June 2025	97,72	0,74	96,22	10,64	700
Sunday, 22 June 2025	97,56	0,75	92,26	10,42	700
Monday, 23 June 2025	95,62	0,73	94,20	5,80	700
Tuesday, 24 June 2025	97,26	0,74	93,80	11,50	704
Wednesday, 25 June 2025	97,29	0,76	91,60	10,43	716
Thursday, 26 June 2025	97,45	0,74	90,20	11,48	719
Friday, 27 June 2025	-				
Saturday, 28 June 2025	-				
Sunday, 29 June 2025	97,91	0,73	93,41		721
Monday, 30 June 2025	96,57	0,75	96,92	9,05	724
Tuesday, 1 July 2025	96,54	0,75	97,30	9,56	700



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PT.PETROKIMIA GRESIK
DEPARTEMEN PRODUKSI III B



**PETROKIMIA
GRESIK**
 Solusi Agroindustri

Wednesday, 2 July 2025	96,72	0,75	98,41	7,65	700
Thursday, 3 July 2025	97,33	0,74	95,59	10,57	700
Friday, 4 July 2025	95,00	0,75		8,46	700
Saturday, 5 July 2025	94,47	0,73	91,30	13,34	707
Sunday, 6 July 2025	94,72	0,74	96,12	6,92	700
Monday, 7 July 2025	96,11	0,74	96,45	7,98	700
Tuesday, 8 July 2025	95,36	0,73	96,37	6,01	707
Wednesday, 9 July 2025	97,81	0,73	92,46	10,46	724
Thursday, 10 July 2025	97,42	0,74	95,54	8,75	700
Friday, 11 July 2025	98,77	0,75	91,20	9,39	700
Saturday, 12 July 2025	96,03	0,75	96,81	8,86	700
Sunday, 13 July 2025	97,80	0,75	86,60	8,14	742
Monday, 14 July 2025	96,63	0,72	92,60	8,18	736
Tuesday, 15 July 2025	96,94	0,74	91,80	11,20	752
Wednesday, 16 July 2025	97,04	0,74	95,99	10,75	762
Thursday, 17 July 2025	97,89	0,74	95,58	8,38	755
Friday, 18 July 2025	97,92	0,74	94,06	5,63	764
Saturday, 19 July 2025	96,77	0,75	94,90	5,87	765
Sunday, 20 July 2025	97,48	0,75	96,46	9,31	761
Monday, 21 July 2025	97,75	0,75	97,40	10,57	759
Tuesday, 22 July 2025	97,55	0,74	93,66	12,31	738
Wednesday, 23 July 2025	95,03	0,73	94,72	9,55	750
Thursday, 24 July 2025	95,03	0,74	95,80	8,18	780
Friday, 25 July 2025	96,25	0,73	96,26	8,13	742
Saturday, 26 July 2025	97,11	0,74	95,43		723
Sunday, 27 July 2025	96,24	0,75	94,30	17,49	759
Monday, 28 July 2025	95,62	0,75	93,01	10,15	764
Tuesday, 29 July 2025	95,90	0,74	95,51	11,02	759
Wednesday, 30 July 2025	97,86	0,74	94,01	10,64	763
Thursday, 31 July 2025	97,02	0,73	94,42	11,22	722
Friday, 1 August 2025	97,12	0,74	93,12	11,46	750
Saturday, 2 August 2025	95,67	0,74	95,28	10,55	764
Sunday, 3 August 2025	96,75	0,72	94,65	9,57	777
Monday, 4 August 2025	97,63	0,75	96,13	8,65	769



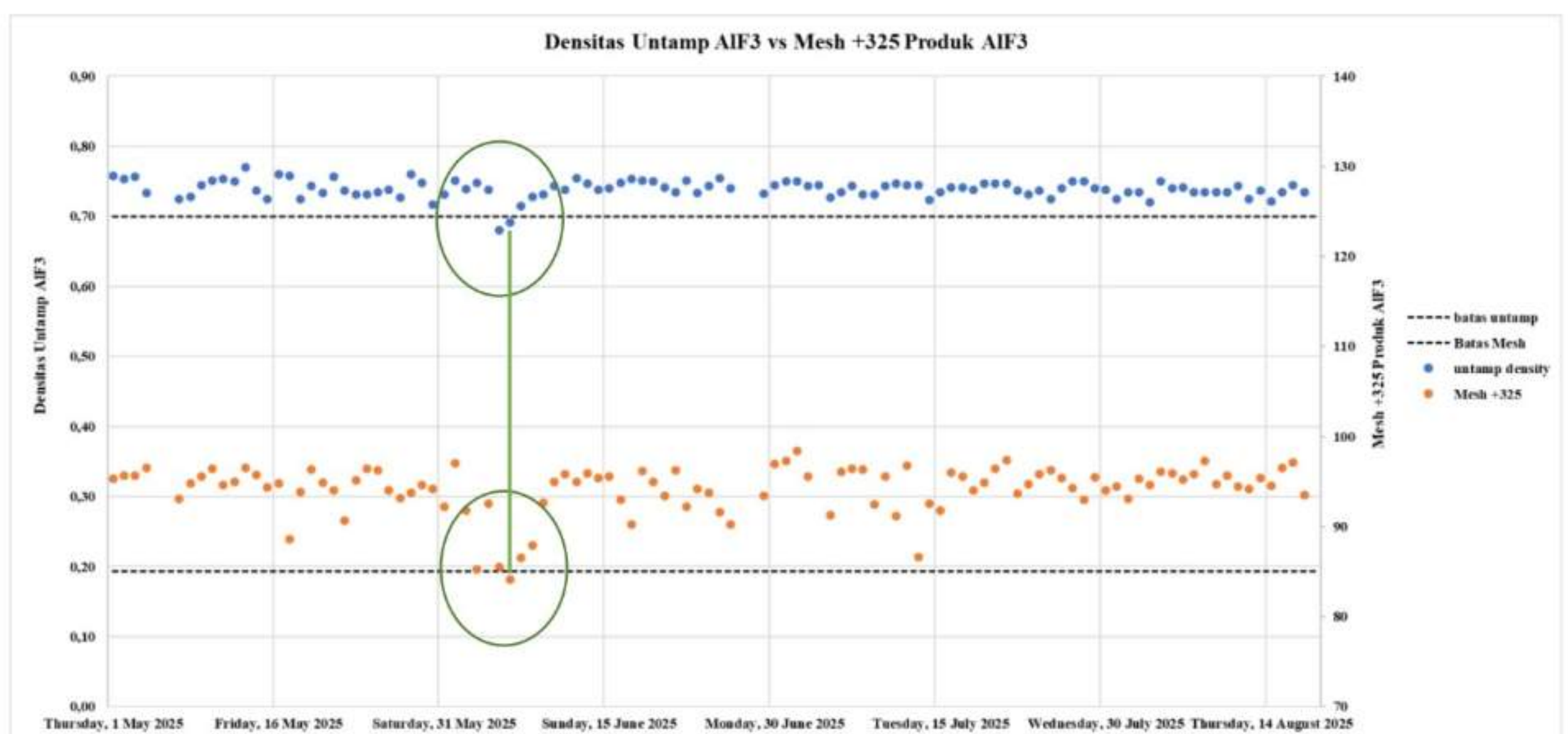
Tuesday, 5 August 2025	96,73	0,74	95,93	11,16	764
Wednesday, 6 August 2025	97,33	0,74	95,22	10,55	781
Thursday, 7 August 2025	96,36	0,74	95,81	9,58	773
Friday, 8 August 2025	96,79	0,74	97,33	9,82	783
Saturday, 9 August 2025	97,03	0,74	94,67	10,23	754
Sunday, 10 August 2025	97,15	0,74	95,67	9,87	760
Monday, 11 August 2025	94,85	0,74	94,44	14,19	752
Tuesday, 12 August 2025	96,27	0,73	94,23	9,70	768
Wednesday, 13 August 2025	95,71	0,74	95,37	10,33	789
Thursday, 14 August 2025	97,17	0,72	94,58	10,36	745
Friday, 15 August 2025	95,47	0,74	96,52	9,68	768
Saturday, 16 August 2025	96,45	0,75	97,12	10,47	756
Sunday, 17 August 2025	97,29	0,74	93,48	10,76	755
Monday, 18 August 2025	-			8,86	

Berdasarkan data operasional periode Mei hingga Agustus 2025, secara umum kualitas fisik produk AlF_3 masih berada dalam rentang spesifikasi perusahaan, meskipun terdapat beberapa produk yang melebihi standart kualitas pada hari-hari tertentu. Parameter *Untamp Density* sebagian besar terjaga di atas batas minimum 0,70 gr/ml, namun tercatat mengalami penurunan kritis hingga menyentuh angka 0,68 gr/ml pada awal Juni. Penurunan densitas ini sejalan dengan penyimpangan pada parameter *Mesh +325* yang sempat turun di bawah standar 85%, menunjukkan adanya pembentukan partikel halus yang berlebih sehingga kerapatan tumpuk produk menjadi tidak optimal.

Dari sisi proses, ketidakstabilan *Temperatur Calciner* menjadi faktor pemicu utama terjadinya fluktuasi kualitas. Data menunjukkan adanya beberapa kejadian di mana suhu operasional jatuh drastis di bawah standar 700°C. Kondisi suhu yang rendah ini mengganggu laju kristalisasi dan berisiko menghasilkan struktur kristal yang tidak sempurna. Sementara itu, parameter *Kadar Air Bebas (Free H₂O)* secara umum terkendali di bawah ambang batas 18%, namun lonjakan kadar air yang mendekati batas maksimal pada beberapa tanggal tertentu teridentifikasi meningkatkan beban kerja unit kalsinasi dan berpotensi merusak integritas fisik kristal akhir.

IX.3.1 Analisis Densitas *Untamp* AlF₃ terhadap Distribusi *Mesh* +325

Secara operasional, produk dinyatakan off-spec apabila parameter fisik tidak memenuhi standar mutu yang ditetapkan untuk kepuasan pelanggan dan stabilitas proses selanjutnya. Kejadian *off-spec* yang dilingkari pada grafik ini menunjukkan kegagalan produk dalam mempertahankan ukuran butiran dan kerapatan tumpukan yang ideal. Penurunan nilai ini merupakan indikasi kuat adanya masalah mekanis atau termal pada sistem kalsinasi yang menyebabkan kerusakan fisik pada partikel AlF₃.



Gambar IX. 1 Densitas untamp AlF₃ vs Mesh +325 Produk AlF₃



Berdasarkan grafik Densitas Untamp vs Mesh +325, terlihat adanya deviasi signifikan pada awal Juni 2025 di mana kedua parameter tersebut turun secara bersamaan hingga menembus batas bawah standar (lower limit). Titik biru menunjukkan Densitas Untamp merosot ke level 0,68–0,70, sementara titik oranye menunjukkan persentase Mesh +325 jatuh ke kisaran 83–85%. Penurunan seragam ini mengindikasikan bahwa produk mengalami pengecilan ukuran butiran (menjadi lebih halus).

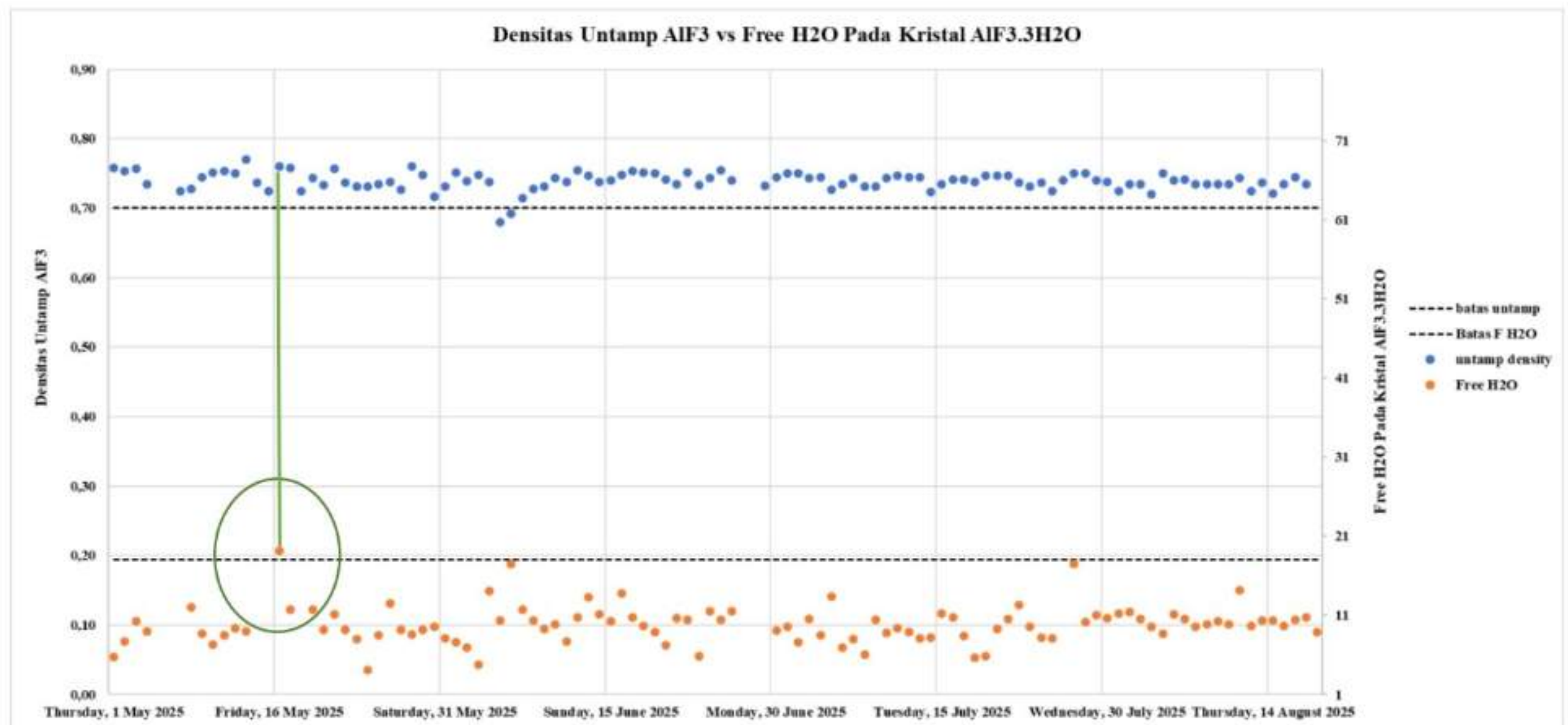
Hal ini disebabkan oleh ketidakstabilan proses di dalam calciner yang dipicu oleh tingginya kadar Free H₂O pada umpan. Ketika kadar air bebas mendekati atau melebihi batas maksimal 18%, energi panas terserap secara masif untuk penguapan, memicu thermal shock yang menyebabkan atrisi atau pecahnya kristal AlF₃ menjadi fragmen halus. Akibatnya, jumlah partikel yang tertahan di Mesh +325 berkurang drastis. Partikel halus ini menciptakan lebih banyak rongga udara saat dituang, sehingga Densitas Untamp ikut menurun. Kondisi ini diperparah jika suhu calciner gagal menjaga batas minimal 700°C, karena suhu yang tidak stabil mencegah transformasi kristal yang sempurna, menghasilkan produk yang rapuh dan tidak memenuhi spesifikasi fisik yang diinginkan.

Hal yang harus diperhatikan selanjutnya adalah melakukan penyesuaian profil suhu pada zona pemanasan awal (*pre-heating*) di kalsiner agar kenaikan panas berlangsung secara bertahap untuk mencegah thermal shock, serta menerapkan sistem interlock otomatis yang dapat mengurangi kecepatan umpan (*feed rate*) apabila suhu operasional mendekati batas minimal 700°C guna memastikan integritas fisik butiran tetap terjaga.

IX.3.2 Dampak Signifikan Kadar Free H₂O terhadap Kegagalan Mutu

Kondisi off-spec pada tahap umpan sering kali menjadi penyebab utama (*root cause*) kegagalan mutu pada produk akhir. Grafik ini menyoroti bagaimana penyimpangan kadar air pada bahan baku secara langsung memaksa sistem bekerja di luar desain operasionalnya. Kehadiran air yang melebihi batas toleransi menciptakan ketidakseimbangan energi yang merusak konsistensi produk, sehingga

pengendalian di unit filtrasi menjadi titik kritis yang tidak boleh diabaikan untuk menghindari penolakan produk (*product rejection*).



Gambar IX. 2 Densitas Untamp vs Free H₂O Pada kristal AlF₃.3H₂O

Berdasarkan grafik kedua yang membandingkan Densitas Untamp AlF₃ terhadap Free H₂O, terlihat konfirmasi visual yang sangat jelas mengenai penyebab anomali kualitas pada produk. Pada periode pertengahan Mei hingga awal Juni 2025, terjadi lonjakan kadar air bebas (Free H₂O) hingga mencapai titik di atas 20%, yang secara signifikan melewati ambang batas operasional maksimal (garis putus-putus bawah atau Batas F H₂O). Lonjakan kadar air pada grafik kedua ini berkorelasi langsung dengan penurunan tajam pada Mesh +325 dan Densitas Untamp yang terlihat pada grafik pertama sebelumnya.

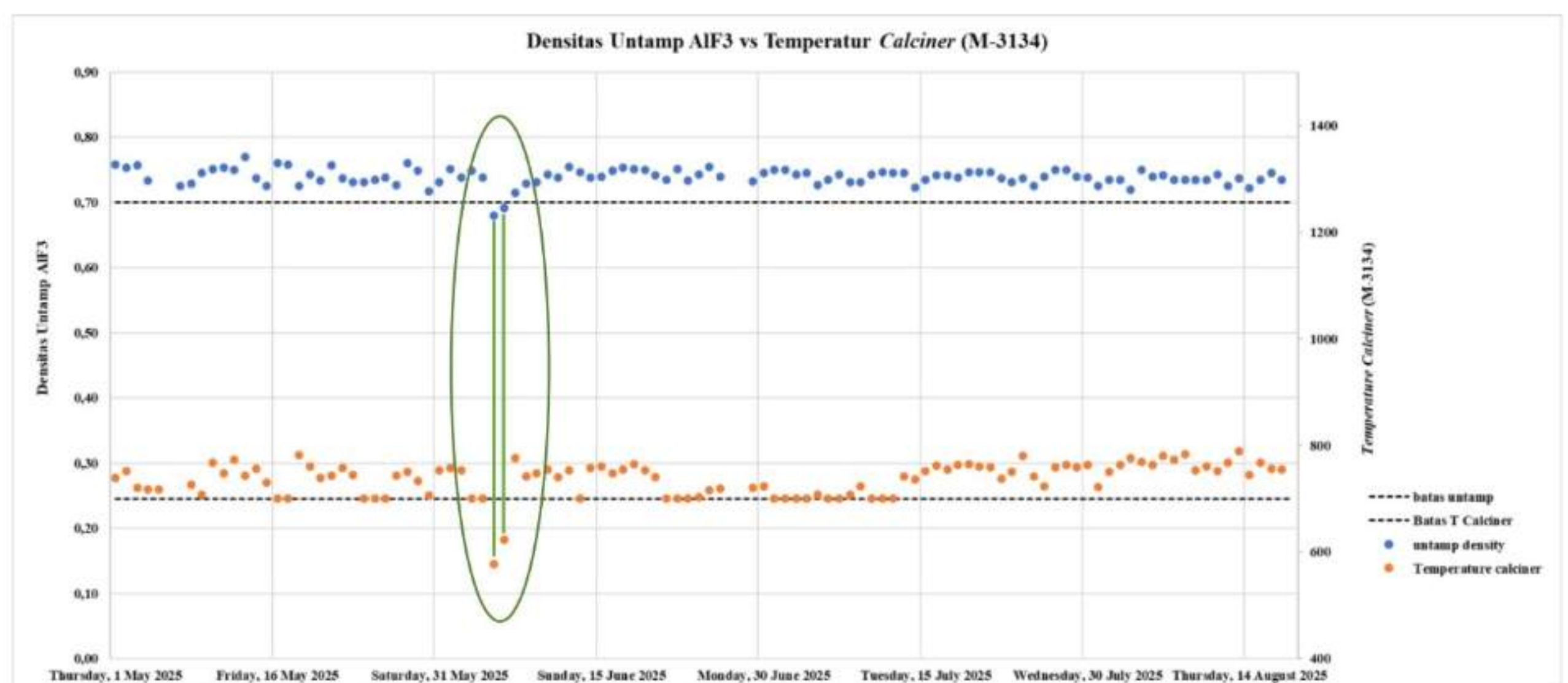
Secara teknis, tingginya kadar Free H₂O (titik oranye pada grafik kedua) memberikan beban termal berlebih pada calciner, di mana energi panas habis dikonsumsi untuk menguapkan air berlebih tersebut daripada untuk proses kristalisasi sempurna. Hal ini mengakibatkan terjadinya thermal shock dan tekanan uap internal yang menghancurkan butiran kristal AlF₃ menjadi partikel halus (menurunkan Mesh +325). Sebagaimana ditunjukkan oleh garis hijau penghubung, setiap kali kadar air melonjak melewati batas 18-20%, Densitas Untamp (titik biru)

cenderung tertekan turun hingga di bawah nilai 0,70. Hubungan kedua grafik ini membuktikan bahwa pengendalian kadar air pada kristal $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ di unit hulu adalah kunci utama untuk menjaga stabilitas ukuran partikel dan densitas produk akhir pada suhu minimal 700°C .

Hal yang harus diperhatikan adalah memperketat pengawasan pada unit filtrasi atau centrifuge di hulu untuk memastikan kadar air umpan selalu konsisten di bawah ambang batas, serta melakukan pencampuran (blending) antara umpan yang terlalu basah dengan stok umpan yang lebih kering sebelum masuk ke kalsiner untuk menjaga stabilitas beban termal sistem.

IX.3.3 Evaluasi Kinerja Termal Calciner M-3134 dan Kemurnian Produk

Penyimpangan suhu atau off-spec termal merupakan kondisi kritis yang dapat menghentikan proses transformasi kimia dan fisik material secara sempurna. Ketika suhu operasional jatuh di bawah ambang batas minimum, calciner gagal memberikan energi yang cukup untuk membentuk struktur kristal yang kokoh, sehingga menghasilkan produk yang rapuh dan ringan. Grafik ini memperingatkan bahwa stabilitas suhu bukan sekadar parameter proses, melainkan penentu utama apakah produk akhir memenuhi spesifikasi teknis atau berakhir sebagai produk cacat.



Gambar IX. 3 Densitas Untamp vs Temperature Calciner M-3134



Berdasarkan grafik ketiga, terlihat korelasi kritis pada awal Juni 2025 di mana Temperatur Calciner (M-3134) merosot tajam hingga menyentuh kisaran 580°C – 620°C , jauh di bawah standar minimal 700°C . Penurunan suhu ekstrem ini terjadi karena energi panas dari burner habis terserap untuk menguapkan lonjakan kadar air bebas (Free H_2O) yang melebihi ambang batas, sehingga suhu operasional menjadi "lumpuh". Kondisi ini membuktikan bahwa kegagalan dalam menjaga suhu minimal mengakibatkan proses dehidrasi kristal $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ tidak berjalan sempurna, yang menjadi pemicu utama turunnya kualitas kepadatan produk.

Dampak dari suhu rendah tersebut menyebabkan terjadinya thermal shock dan tekanan uap internal yang menghancurkan struktur kristal AlF_3 menjadi fragmen-fragmen halus. Hal ini terkonfirmasi dari penurunan nilai Mesh +325 hingga ke level 83%–85%, yang menunjukkan bahwa butiran produk pecah dan menjadi terlalu halus. Partikel halus ini menciptakan lebih banyak rongga udara saat ditumpuk, sehingga Densitas Untamp anjlok ke titik terendah yaitu 0,68, di bawah standar minimum 0,70. Fenomena ini menegaskan bahwa suhu yang terlalu rendah akibat beban air berlebih merusak stabilitas fisik produk secara lebih drastis dibandingkan risiko over-calcination akibat suhu tinggi.

Untuk mengatasi fenomena tersebut, rekomendasi utamanya adalah memperketat pengawasan di unit filtrasi agar kadar air umpan konsisten di bawah 18% serta menerapkan sistem interlock otomatis yang dapat mengurangi feed rate jika suhu outlet kalsiner mendekati batas kritis. Selain itu, profil suhu pada zona pemanasan awal harus diatur agar kenaikan panas berlangsung bertahap guna mencegah atrisi partikel, sambil tetap menjaga suhu operasional pada rentang ideal atau "sweet spot" untuk menghindari risiko dehidrasi tidak sempurna pada suhu rendah maupun risiko over-calcination pada suhu yang terlalu tinggi.



IX.4 Kesimpulan

Kesimpulan akhir dari ketiga fenomena tersebut menunjukkan bahwa stabilitas kualitas produk sangat bergantung pada pengendalian kadar air dan profil suhu di unit kalsinasi. Hal yang terjadi pada awal Juni 2025 disebabkan oleh lonjakan kadar Free H₂O hingga di atas 20%, yang memberikan beban termal berlebih dan menyerap energi panas secara masif untuk penguapan. Akibatnya, Temperatur Calciner lumpuh dan merosot tajam hingga ke level 580°C – 620°C, jauh di bawah standar minimal 700°C. Kegagalan mempertahankan suhu minimal ini menyebabkan proses dehidrasi kristal AlF₃.3H₂O tidak sempurna serta memicu thermal shock yang menghancurkan struktur kristal menjadi fragmen halus.

Penghancuran struktur kristal ini terkonfirmasi melalui penurunan nilai Mesh +325 hingga ke kisaran 83%–85%, yang pada akhirnya mengakibatkan Densitas Untamp anjlok ke level 0,68 karena terbentuknya lebih banyak rongga udara di antara partikel-partikel halus tersebut. Secara keseluruhan, data ini membuktikan bahwa meskipun suhu tinggi berisiko menurunkan densitas akibat over-calcination, kondisi suhu yang terlalu rendah akibat beban air umpan yang ekstrem justru memberikan dampak yang lebih drastis terhadap kerusakan fisik dan penurunan densitas produk di bawah standar minimum 0,70. Sebagai langkah mitigasi, diperlukan pengawasan ketat pada unit filtrasi di hulu serta penerapan sistem kontrol otomatis pada kalsiner untuk menjaga keseimbangan antara laju umpan dan suhu operasional ideal.