

BAB VI METODE PEMROSESAN BIJIH NIKEL LATERIT DAERAH PENELITIAN

VI.1 Metode Pemrosesan *Pyrometallurgy*

Bijih nikel dari daerah penelitian terdiri atas bijih limonit dan saprolit. Pengolahan bijih saprolit umumnya dilakukan melalui *pyrometallurgy* (*smelter*) (Dalvi dkk., 2004). Pada saat ini proses *pyrometallurgy* utama untuk pemrosesan bijih nikel laterit adalah RKEF (Kaya dan Topkaya, 2011). Di Indonesia, bijih nikel laterit diproses menggunakan RKEF menghasilkan produk *high carbon ferronickel* (Feni) dan *low carbon ferronickel* produksi PT. ANTAM Tbk. dan *nickel matte* (matte) produksi PT. Vale Tbk.

Menurut Dalvi dkk. (2004), *grade* bijih pada proyek *smelter greenfield* terbagi menjadi tiga, yaitu: *low grade* (Ni<1,7%), *average grade* (2% Ni) dan *high grade* (2,5% Ni). Berdasarkan pembagian ini, dari 69 bijih saprolit pada daerah penelitian terdapat 10 bijih *low grade*, 27 bijih *average grade* dan 32 bijih *high grade*. Bijih saprolit memiliki spesifikasi tertentu untuk dapat diolah dengan RKEF, spesifikasi tersebut secara umum adalah nilai rasio SiO₂/MgO (S/M) dan rasio Fe/Ni. Nilai S/M akan mempengaruhi titik leleh dari terak, nilai S/M 1,8-2,2 akan memiliki titik leleh terak yang rendah sehingga cocok untuk produksi matte. Sedangkan nilai S/M yang kurang dari 2 atau lebih dari 2,5 akan menghasilkan titik leleh terak yang tinggi sehingga cocok untuk produksi feronikel. Bijih dengan nilai S/M 1,8-2,2 akan sangat korosif untuk *lining* (dinding dapur peleburan) dari tungku sehingga perlu dilakukan *blending* (Dalvi dkk., 2004)

Nilai rasio Fe/Ni akan menentukan kandungan nikel pada *crude metal* yang dihasilkan. Bijih nikel untuk produk *high carbon* feronikel memiliki spesifikasi 5-6, *low carbon* feronikel dengan rasio Fe/Ni 6-12 dan matte dengan nilai rasio Fe/Ni lebih dari 6. Berdasarkan nilai S/M terdapat 66 bijih feronikel, 4 bijih matte, 1 bijih matte dan feronikel serta 1 bijih dengan terak yang korosif. Berdasarkan nilai Fe/Ni terdapat 9 bijih *low carbon* feronikel, 5 bijih *high carbon* feronikel, 2 bijih matte,

1 bijih *low carbon* feronikel dan matte, 52 bijih feronikel dengan Fe/Ni kurang dari 5 dan 2 bijih matte dengan Fe/Ni kurang dari 6 (tabel VI.1). Nama lubang bor (BHID) yang diwarnai hijau menandakan lubang bor berbatuan dasar harzburgit terserpentinisasi dan kuning menandakan lubang bor berbatuan dasar serpentinit.

Prinsip pembuatan NPI (*nickel pig iron*) sama seperti pembuatan feronikel. NPI pertama kali diproduksi oleh Tiongkok dari bijih nikel laterit kadar rendah (kurang dari 1,6 Ni) (Astuti dkk., 2012; Ender, 2019). NPI dapat diproduksi dari bijih limonit atau saprolit, terdapat 17 bijih NPI terlepas dari bijih feronikel, matte dan HPAL (tabel IV.2).

Berdasarkan uraian di atas, bijih *smelter* saprolit dan limonit daerah penelitian memenuhi spesifikasi feronikel, matte dan NPI. Sedikitnya bijih yang sesuai dengan spesifikasi matte (ditandai dengan kotak merah pada tabel IV.1) dan memperhitungkan biaya transportasi bijih ke *smelter* matte terdekat yaitu PT Vale Indonesia Tbk. di Sorowako, Sulawesi Selatan dibandingkan transportasi bijih ke *smelter* PT ANTAM Tbk. di Daerah Buli, Halmahera Timur maka ditentukan bijih *smelter* hanya terdiri atas feronikel dan NPI saja (gambar VI.1). Sehingga dari 86 bijih *smelter*, terdapat 69 bijih feronikel dan 17 bijih NPI.

VI.2 Metode Pemrosesan *Hydrometallurgy*

Hydrometallurgy adalah metode yang menggunakan pelindian menggunakan larutan asam dalam mengekstraksi logamnya. Metode pelindian menggunakan asam bertekanan (HPAL) merupakan metode paling optimal untuk menghasilkan nikel dengan *grade* dan perolehan tertinggi. Metode HPAL memproses bijih yang didominasi oleh limonit (Bahfie dkk., 2021; Meshram dkk., 2019). Menurut Dalvi dkk. (2004) *grade* bijih proyek HPAL pada *greenfield* terbagi tiga, yaitu: *low grade* (kurang dari 1,3% Ni), *average grade* (1,4% Ni) dan *high grade* (lebih dari 1,5% Ni). Berdasarkan pembagian tersebut, dari 19 bijih limonit terdapat 14 bijih *high grade*.

Tabel VI. 1 Komposisi kimia bijih saprolit daerah penelitian

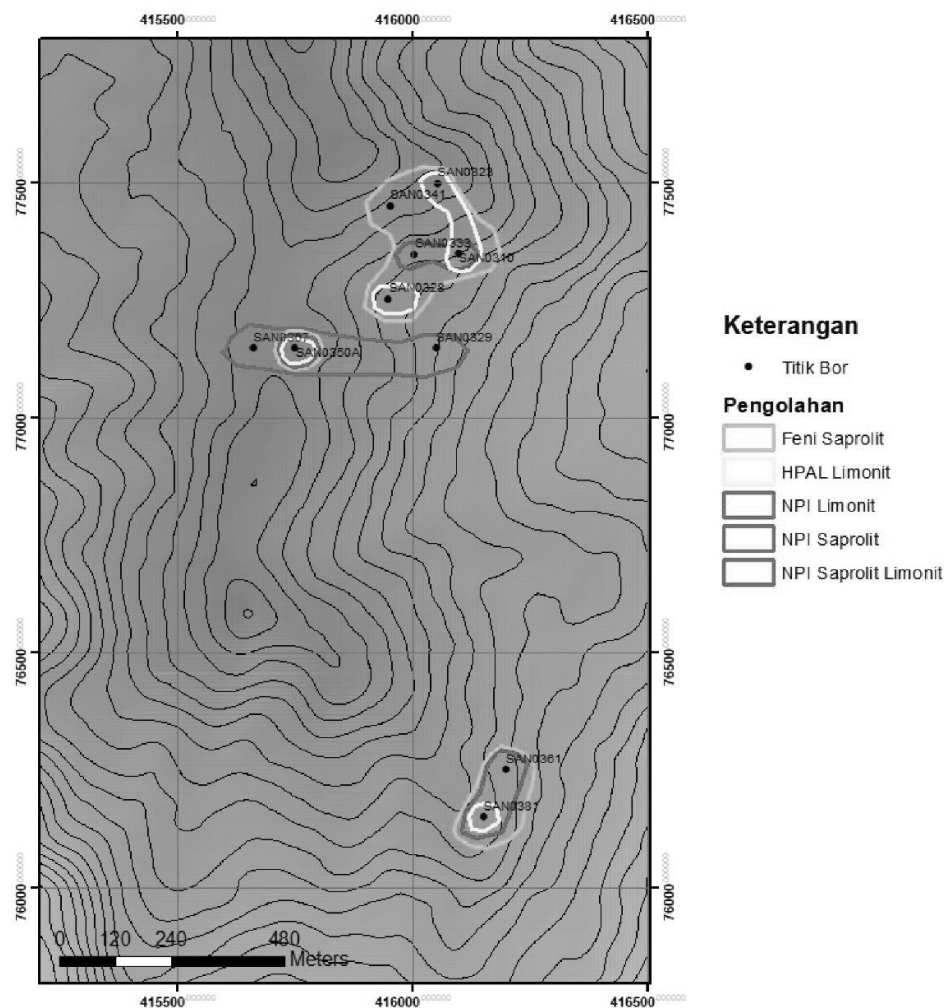
BHID	From (m)	To (m)	Zona	Ni (wt%)	Fe (wt%)	SiO ₂ (wt%)	MgO (wt%)	SiO ₂ /MgO	Fe/Ni	RKEF Grade	Product
SAN0310	3	3.5	S	2.14	16.17	33.05	25.17	1.31	7.56	AVERAGE GRADE	Low Carbon Feronikel
SAN0328	2	3	S	1.94	17.42	33.75	24.61	1.37	8.98	LOW GRADE	Low Carbon Feronikel
SAN0328	3	4	S	1.93	16.52	32.54	26.49	1.23	8.56	LOW GRADE	Low Carbon Feronikel
SAN0333	0.3	1	S	2.13	17.83	46.64	15.01	3.11	8.37	AVERAGE GRADE	Low Carbon Feronikel
SAN0333	1	2	S	3.30	9.79	41.33	28.41	1.45	2.97	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	2	3	S	2.00	6.51	43.69	34.65	1.26	3.26	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	3	3.6	S	2.77	8.79	45.15	28.99	1.56	3.17	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	3.6	4	S	2.69	6.74	44.73	32.42	1.38	2.51	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	4	5	S	2.40	8.06	47.08	29.37	1.60	3.36	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	5	6	S	2.00	7.24	53.81	25.13	2.14	3.62	AVERAGE GRADE	Matte (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	6	6.55	S	2.69	9.27	47.38	27.01	1.75	3.45	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	6.55	7	S	2.85	7.66	45.32	30.53	1.48	2.69	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	7	7.6	S	2.38	6.72	44.32	32.48	1.36	2.82	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	7.6	8	S	2.17	9.95	54.41	21.07	2.58	4.59	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	8	9	S	2.20	9.44	53.17	22.52	2.36	4.29	AVERAGE GRADE	Corrosive Slag
SAN0333	9	10	S	1.70	15.42	49.69	17.68	2.81	9.07	LOW GRADE	Low Carbon Feronikel

SAN0333	10	11	S	1.70	10.82	49.59	24.18	2.05	6.36	LOW GRADE	Matte
SAN0333	11	12	S	2.07	6.45	50.25	29.28	1.72	3.12	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	15	16	S	1.75	7.04	53.92	25.36	2.13	4.02	LOW GRADE	Matte (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	16	17	S	2.09	6.20	50.54	29.50	1.71	2.97	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	18	19	S	2.83	9.23	47.04	27.13	1.73	3.26	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	19	20	S	2.62	6.09	44.75	33.09	1.35	2.32	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	20	21	S	2.11	8.25	51.60	25.87	1.99	3.91	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	21	22	S	2.28	8.37	43.67	31.35	1.39	3.67	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	22	23	S	2.28	7.69	43.00	32.89	1.31	3.37	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	23	24	S	2.33	8.41	41.17	32.91	1.25	3.61	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0333	24	25	S	2.05	6.61	41.62	35.31	1.18	3.22	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	0.5	1	S	2.35	9.02	40.60	31.61	1.28	3.84	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	1	2	S	2.41	13.06	36.96	28.68	1.29	5.42	HIGH GRADE	High Carbon Feronikel
SAN0341	2	3	S	2.54	11.17	37.74	30.30	1.25	4.40	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	3	4	S	2.67	16.55	34.77	24.61	1.41	6.20	HIGH GRADE	Low Carbon Feronikel
SAN0341	4	5	S	2.29	7.73	38.47	34.26	1.12	3.38	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	5	6	S	2.45	13.49	34.06	29.97	1.14	5.51	HIGH GRADE	High Carbon Feronikel

SAN0341	6	7	S	2.36	11.01	37.23	30.89	1.21	4.67	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	7	8	S	2.48	9.49	39.00	32.37	1.20	3.83	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	8	9	S	2.67	9.70	37.16	31.65	1.17	3.63	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	9	10	S	2.56	11.80	36.32	30.73	1.18	4.61	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	10	11	S	2.18	10.60	37.84	31.05	1.22	4.86	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	11	12	S	2.17	13.60	35.97	28.99	1.24	6.27	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	12	13	S	2.07	11.20	36.53	30.36	1.20	5.41	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0341	13	14	S	1.88	7.44	40.55	33.71	1.20	3.96	LOW GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0323	0	1	S	2.34	17.29	32.91	24.00	1.37	7.39	AVERAGE GRADE	Low Carbon Feronikel
SAN0323	4	5	S	2.50	14.37	35.16	28.42	1.24	5.75	HIGH GRADE	High Carbon Feronikel
SAN0323	5	6	S	2.86	11.26	37.75	29.66	1.27	3.94	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0323	6	7	S	2.50	11.83	37.65	30.34	1.24	4.73	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0323	7	8	S	2.32	9.19	39.47	31.70	1.25	3.96	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0350A	1	1.3	S	2.79	21.65	27.65	24.66	1.12	7.76	HIGH GRADE	Low Carbon Feronikel
SAN0350A	1.65	2	S	2.27	6.01	40.40	35.14	1.15	2.65	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0361	3	4	S	2.66	10.95	35.96	33.16	1.08	4.12	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0361	4	5	S	2.70	9.36	37.90	34.22	1.11	3.47	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0361	5	6	S	2.83	8.39	37.67	34.78	1.08	2.96	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0361	6	7	S	2.85	7.08	39.55	35.75	1.11	2.48	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)

SAN0361	7	8	S	2.37	6.06	40.84	36.64	1.11	2.56	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0361	8	9	S	2.41	6.48	40.44	36.06	1.12	2.69	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0361	9	10	S	2.58	7.06	39.11	35.93	1.09	2.74	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0361	10	10.5	S	2.44	9.88	37.17	34.26	1.08	4.05	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	7.6	8	S	1.84	9.75	41.96	30.82	1.36	5.30	LOW GRADE	High Carbon Feronikel
SAN0381	8	9	S	2.08	13.47	42.88	23.61	1.82	6.48	AVERAGE GRADE	Low Carbon Feronikel and Matte
SAN0381	9	10	S	2.40	11.70	46.39	22.77	2.04	4.88	HIGH GRADE	Matte (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	10	11	S	2.24	8.16	49.96	26.42	1.89	3.64	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	11	11.4	S	1.90	6.48	43.47	34.17	1.27	3.41	LOW GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	11.4	12	S	2.91	10.74	42.50	27.19	1.56	3.69	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	12	13	S	3.57	13.60	41.36	23.56	1.76	3.81	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	13	14	S	3.82	11.20	40.80	26.64	1.53	2.93	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	14	15	S	3.12	10.42	41.39	29.41	1.41	3.34	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	15	15.6	S	1.91	6.11	42.42	36.12	1.17	3.20	LOW GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	15.6	16	S	2.64	12.02	41.15	28.69	1.43	4.55	HIGH GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	16	17	S	2.07	9.19	40.58	33.13	1.22	4.44	AVERAGE GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)
SAN0381	17	18	S	1.99	9.70	42.82	29.77	1.44	4.87	LOW GRADE	Feronikel (Fe/Ni Too Low)

Biaya operasional dari proyek HPAL sangat tergantung pada *grade* bijih dan harga dari larutan pengestrak dalam hal ini asam sulfat. Sehingga perlu diperhatikan unsur-unsur seperti besi, aluminium dan magnesium yang merupakan komsumer asam. Sebagai catatan unsur 1 gram besi akan mengonsumsi 5,2 gram asam sulfat, 1 gram aluminium akan mengonsumsi 5,4 gram asam sulfat dan 1 gram magnesium akan mengonsumsi 4,1 gram asam sulfat. Dalam proyek HPAL diperlukan 200-800kg.H₂SO₄ ton/bijih untuk mengekstraksi nikel.



Gambar VI. 1 Peta yang menunjukkan lubang bor, zona dan bijih daerah penelitian

Tabel VI. 2 Komposisi kimia bijih NPI daerah penelitian

BHID	From (m)	To (m)	Zona	Ni (wt%)	Fe (wt%)	SiO ₂ (wt%)	MgO (wt%)	SiO ₂ /MgO	Fe/Ni	Product
SAN0310	3.5	4	S	0.74	6.07	39.86	36.4	1.10	8.20	NPI
SAN0329	0.5	1	S	1.47	23.24	26.65	21.4	1.25	15.81	NPI
SAN0333	12	13	S	1.15	6.65	54.24	28.62	1.90	5.78	NPI
SAN0333	13	14	S	0.84	6.22	46.91	35.54	1.32	7.40	NPI
SAN0333	14	15	S	1.59	7.47	54.69	25.37	2.16	4.70	low melting point slag, Fe/Ni too low
SAN0333	17	18	S	1.56	6.89	58.81	23.11	2.54	4.42	Fe/Ni too low
SAN0350A	2	3	S	0.96	6.22	40.33	36.7	1.10	6.48	NPI
SAN0361	1	2	L	1.13	45.84	7.14	0.68	10.50	40.57	Fe/Ni too high
SAN0361	2	3	L	1.24	45.35	7.66	1.52	5.04	36.57	Fe/Ni too high
SAN0367	1	2	L	0.86	47.86	6.8	3.22	2.11	55.65	Fe/Ni too high
SAN0367	2	2.3	L	0.92	37.27	15.04	10.86	1.38	40.51	Fe/Ni too high
SAN0367	2.3	3	S	0.34	5.95	41.04	37.78	1.09	17.50	Fe/Ni too high
SAN0367	3	3.5	S	0.26	5.69	41.57	38.22	1.09	21.88	Fe/Ni too high
SAN0367	3.5	4	S	0.49	7.97	40.75	35.27	1.16	16.27	Fe/Ni too high
SAN0381	0	1	L	1.01	41.97	9.93	3.61	2.75	41.55	Fe/Ni too high
SAN0381	18	19	S	1.37	8.57	43.67	32.14	1.36	6.26	NPI
SAN0381	19	20	S	0.72	5.93	41.58	36.78	1.13	8.24	NPI

Proyek HPAL biasanya membatasi kadar magnesium pada bijihnya (hadir dalam senyawa MgO) kurang dari 4%, dari 14 bijih daerah penelitian 6 di antaranya memiliki kadar Mg yang lebih dari 4%. Kadar unsur aluminium (hadir dalam senyawa Al_2O_3) cukup rendah pada daerah penelitian yaitu 1,61-5,28% (tabel VI.3). Besi penting untuk hadir dalam bentuk ion Fe^{3+} , hal ini akan memungkinkan presipitasi dari hematit yang akan meregenerasi asam sehingga konsumsi asam dapat dikurangi (Partuti dan Soedarsono, 2014).

Silika tidak dapat diekstrak oleh asam sulfat sehingga keberadaannya tidak akan berdampak pada konsumsi asam namun, SiO_2 akan bereaksi dengan Mg dan Al membentuk magnesium silikat dan aluminium silikat yang akan menyebabkan *scalling* (pengerakan). Kegagalan proyek HPAL Bulong dan Cawse di Australia disebabkan oleh kadar SiO_2 yang sangat tinggi dengan rata-rata 42% (Prasetyo, 2016). Jika dibandingkan dengan bijih HPAL pada daerah penelitian, kadar SiO_2 cukup rendah dengan rata-rata 17% sehingga resiko pengerakan cukup rendah. Silika dan magnesium merupakan penciri dari batuan dasar sehingga benefiasi dari bijih dapat dilakukan dengan penyaringan (*screening*) (Ahmad, 2008; Crundwell dkk., 2011). Produk HPAL di Indonesia adalah MHP (*mixed hydroxide precipitate*).

Tabel VI. 3 Komposisi kimia bijih HPAL daerah penelitian

BHID	From (m)	To (m)	Ni (wt%)	Fe ₂ O ₃ (wt%)	FeO (wt%)	SiO ₂ (wt%)	MgO (wt%)	Mg (wt%)	Al ₂ O ₃ (wt%)	Al (wt%)	HPAL GRADE
SAN0310	1	2	2.03	42.51	38.30	24.45	13.97	8.382	2.15	1.12	HIGH GRADE
SAN0310	2	3	2.15	39.72	35.78	26.92	15.05	9.03	2.64	1.37	HIGH GRADE
SAN0328	1	2	1.7	56.84	51.21	13.64	9.07	5.442	2.97	1.54	HIGH GRADE
SAN0323	1	2	2.77	47.63	42.91	21.32	11.92	7.152	2.03	1.06	HIGH GRADE
SAN0323	2	3	2.64	52.8	47.57	18.56	10.61	6.366	2.06	1.07	HIGH GRADE
SAN0323	3	4	2.72	55.3	49.82	16.64	8.47	5.082	2.23	1.16	HIGH GRADE
SAN0350A	1.3	1.65	1.76	67.59	60.90	7.61	3.05	1.83	5.28	2.75	HIGH GRADE
SAN0381	1	2	1.78	57.18	51.51	12.77	7.13	4.278	4.37	2.27	HIGH GRADE
SAN0381	2	3	1.72	56.13	50.57	18.78	6.79	4.074	3.5	1.82	HIGH GRADE
SAN0381	3	4	1.55	45.56	41.06	27.72	5.8	3.48	2.5	1.30	HIGH GRADE
SAN0381	4	5	1.7	64.71	58.30	9.6	4.23	2.538	3.49	1.81	HIGH GRADE
SAN0381	5	6	1.57	60.34	54.36	13.18	3.7	2.22	4.12	2.14	HIGH GRADE
SAN0381	6	7	1.72	63.15	56.89	10.81	3.97	2.382	2.7	1.40	HIGH GRADE
SAN0381	7	7.6	1.75	50.79	45.75	25.67	3.78	2.268	1.61	0.84	HIGH GRADE