

INTAN

Jurnal Penelitian Tambang

1 | Hidrogeologi Air Tanah: Studi Kasus pada Lubang Buka-an Bekas Penambangan Bijih Mangan di Dusun Kliripan Kabupaten Kulonprogo

7 | Studi Eksperimental Kuat Tekan Campuran Tanah Laterit dan Kapur (CaCO₃) Untuk Lapis Pondasi Jalan

14 | Sensitivitas Jumlah Stages pada Desain ESP Sumur Directional "X" Lapangan Salawati

20 | Cut Off Grade Nikel Laterit pada Blok 1A PT. Anugrah Sukses Mining

26 | Pengaruh Pelapukan Terhadap Rekahan Batuan Utuh Melalui Pengujian di Laboratorium

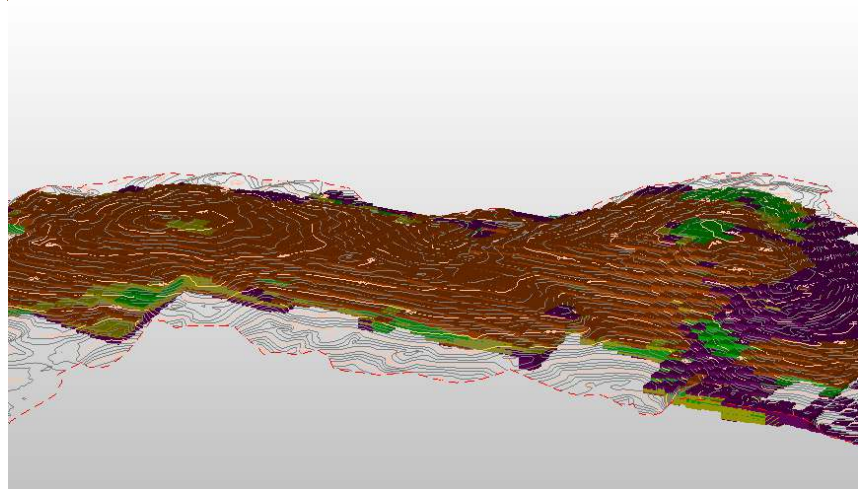
35 | Rancangan Setling Pond Terhadap Laju Endapan Sedimen pada Area Arafah Dan Waste Dump Pada Front Penambangan PT. GAG Nikel Kab. Raja Ampat Provinsi Papua Barat

50 | Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Untuk Menentukan Daya Dukung Tanah (Studi Kasus: Jalan Baru Kayu Batu Base-G Jayapura STA 0+200)

59 | Evaluasi Produksi Overburden di Pit SMD2 PT. Pamapersada Nusantara Distrik Kideco Jaya Agung Kalimantan Timur

79 | Shotcrete Delivery Process di Tambang Bawah Tanah Deep Mill Level Zone PT. Freeport Indonesia

40 | Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit pada Blok 1A PT. XYZ Pulau Gebe



67 | Keterdapat-an Alterasi Hidrotermal pada Daerah Wasegi (SP3) dan Sekitarnya Distrik Prafi Kabupaten Manokwari Propinsi Papua Barat



Diterbitkan oleh :
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Manokwari

INTAN

Jurnal Penelitian Tambang

ISSN 2655-3473

Volume 3 Nomor 1, Mei 2020 Halaman 1 - 89

INTAN Jurnal Penelitian Tambang diterbitkan oleh Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Universitas Papua di Manokwari sebagai media untuk menyalurkan pemahaman tentang aspek-aspek sains, teknologi, ekonomi, sosial dan lingkungan dari dunia pertambangan berupa hasil penelitian lapangan atau laboratorium maupun studi pustaka. Jurnal ini diterbitkan dua kali dalam setahun yaitu pada bulan Mei dan November.

Redaksi menerima naskah yang belum pernah diterbitkan dalam media lain dari dosen, peneliti, mahasiswa maupun praktisi dengan ketentuan penulisan seperti tercantum pada halaman belakang (petunjuk penulisan). Naskah yang masuk akan dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format, istilah dan tata cara lainnya

Penanggung jawab

Juanita R. Horman, S.T., M.T.

Tim Editor

Jance Murdjani Supit, S.T., M.Eng.

Agustinus Denny Unggul Raharjo, S.T., MOGE.

Marcus R. Maspaitella, S.P., M.AgriCom.

Sekretariat

Djusman Bin Aziz, S.T.

Desain Grafis

Ido Krostanto, A.Md.

Mitra Bestari

Ir. Hasywir Thaib Siri, M.Sc. (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Dr. Tedy Agung Cahyadi, S.T., M.T., IPM. (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Dr. Zubair Saing, S.T., M.T. (Universitas Muhammadiyah Maluku Utara)

ALAMAT SEKRETARIAT INTAN JURNAL PENELITIAN TAMBANG: Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan (FTPP) Universitas Papua, Gedung Teknik, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat. Telepon: 085244058187
Website: ftppunipa.com/jurnal/index.php/intan

INTAN

Jurnal Penelitian Tambang

DAFTAR ISI

- 1 - 6** | Hidrogeologi Air Tanah: Studi Kasus pada Lubang Buka Bekas Penambangan Bijih Mangan di Dusun Kliripan Kabupaten Kulonprogo
Suyono, Halimah Tusak Diah, Tedy Agung Cahyadi
- 7 - 13** | Studi Eksperimental Kuat Tekan Campuran Tanah Laterit dan Kapur (CaCO₃) Untuk Lapis Pondasi Jalan
Irianto
- 14 - 19** | Sensitivitas Jumlah Stages pada Desain ESP Sumur Directional "X" Lapangan Salawati
Jeanne Ahuluheluw, Leonardo D. Massolo, Praditya Nugraha
- 20 - 25** | Cut Off Grade Nikel Laterit pada Blok 1A PT. Anugrah Sukses Mining
Denzi Y. Rohmaningrum, Juanita R. Horman
- 26 - 34** | Pengaruh Pelapukan Terhadap Rekahan Batuan Utuh Melalui Pengujian di Laboratorium
Karmila Laitupa
- 35 - 39** | Rancangan Setling Pond Terhadap Laju Endapan Sedimen pada Area Arafah Dan Waste Dump Pada Front Penambangan PT. GAG Nikel Kab. Raja Ampat Provinsi Papua Barat
Nofriyanto Towansiba, Yulius G. Pangkung
- 40 - 49** | Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit pada Blok 1A PT. XYZ Pulau Gebe
Supriyono, Jance Murdjani Supit
- 50 - 58** | Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Untuk Menentukan Daya Dukung Tanah (Studi Kasus: Jalan Baru Kayu Batu Base-G Jayapura STA 0+200)
Reni Rochmawati, Irianto
- 59 - 66** | Evaluasi Produksi Overburden di Pit SMD2 PT. Pamapersada Nusantara Distrik Kideco Jaya Agung Kalimantan Timur
Citcy Tiurmaida Manullang, Juanita R. Horman
- 67 - 78** | Keterdapatan Alterasi Hidrotermal pada Daerah Wasegi (SP3) dan Sekitarnya Distrik Prafi Kabupaten Manokwari Propinsi Papua Barat
Ailin Anastasia Yarangga
- 79 - 89** | Shotcrete Delivery Process di Tambang Bawah Tanah Deep Mill Level Zone PT. Freeport Indonesia
Mahatir Eko Sulastyo, Jance Murdjani Supit

HIDROGEOLOGI AIR TANAH: STUDI KASUS PADA LUBANG BUKAAN BEKAS PENAMBANGAN BIJIH MANGAN DI DUSUN KLIRIPAN KABUPATEN KULONPROGO

Suyono¹⁾, Halimah Tusak Diah²⁾, Tedy Agung Cahyadi³⁾

^{1) 2) 3)}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Jl. Padjajaran, Condongcatur, Yogyakarta 55238 Indonesia
Email: ²⁾halimahtusakdiah3@gmail.com

Abstract

The study was conducted in the opening hole of the former manganese ore mining of Vertical Shaft (PTPM) and Inclined Shaft (Sunoto) located in Dusun Kliripan, Desa Hargorejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. The two planned openings will be the object of geological tourism and underground mining practice of mining engineering students. This research wants to study the hydrogeological conditions in the Dusun Kliripan. The methods used in this research are literature study, field orientation, primary data collection including measurement of groundwater level and infiltration rate, as well as the topography of the study area, secondary data include rainfall data, topographic maps, and geological maps, and hydrogeological maps. The next stage includes data processing, as well as the study of data processing results. The results obtained were lithology conditions including Frozen Rock, Volcanic Breccia, and Limestone, the average infiltration rate obtained was 0.16 cm/min, the groundwater level in the Kliripan was at an elevation of 70 masl to 92 masl, with basin groundwater is included in the Menoreh Groundwater Basin area. The Kliripan area has a sufficiently good groundwater reserve with complete hydrogeological elements so that it can be used for continued use of groundwater in the region.

Keywords: Groundwater, Opening Gap, Infiltration, Kulonprogo, Hidrogeology

Abstrak

Penelitian dilakukan di lubang bukaan bekas penambangan bijih mangan yaitu *Vertical Shaft* (PTPM) dan *Inclined Shaft* (Sunoto) yang berlokasi di Dusun Kliripan, Desa Hargorejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo. Kedua Lubang Bukaan yang direncanakan akan menjadi objek geowisata dan praktek tambang bawah tanah mahasiswa teknik pertambangan. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kondisi hidrogeologi pada Dusun Kliripan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu studi literatur, orientasi lapangan, pengambilan data primer meliputi pengukuran muka air tanah dan laju infiltrasi, serta kondisi topografi daerah penelitian, data sekunder meliputi data curah hujan, peta topografi, dan peta geologi, dan peta hidrogeologi. Tahap berikutnya meliputi pengolahan data, serta kajian hasil pengolahan data. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu keadaan litologi termasuk Batuan Beku, Breksi Vulkanik, dan Batugamping, laju infiltrasi rata-rata yang didapat sebesar 0,16 cm/min, muka air tanah pada Dusun Kliripan berada pada elevasi 70 mdpl hingga 92 mdpl, dengan kondisi cekungan air tanah termasuk dalam wilayah Cekungan Air Tanah Menoreh, maka daerah Dusun Kliripan memiliki cadangan air tanah yang cukup baik dengan unsur hidrogeologi yang lengkap sehingga dapat digunakan untuk pemanfaatan lanjutan dari air tanah yang ada di wilayah tersebut.

Kata kunci: Air Tanah, Lubang Bukaan, Infiltrasi, Kulonprogo, Hidrogeologi

PENDAHULUAN

Kabupaten Kulonprogo merupakan daerah yang kaya akan potensi sumberdaya mineral terutama bijih mangan, salah satunya di wilayah Dusun Kliripan Desa Hargorejo Kecamatan Kokap. Mayoritas sistem penambangan yang digunakan pada jaman dahulu ialah sistem tambang bawah tanah. Namun kegiatan penambangan bijih Mangan di area tersebut sudah berhenti sekitar tahun 1983, sehingga meninggalkan banyak lubang bekas tambang. Sistem penambangan menggunakan Tambang Bawah Tanah (Underground Mining System), sedangkan metode tambang bawah tanahnya menggunakan metode *Gophering* atau *Coyoting*. Pada tambang Kliripan terdapat dua lubang bukaan utama, yaitu Vertikal Shaft (PTPM) dan Inclined Shaft (Sunoto). Adanya rencana untuk memanfaatkan lubang bukaan bekas penambangan bijih Mangan tersebut. Salah satunya untuk kepentingan praktek tambang bawah tanah bagi mahasiswa dari Program Studi Teknik Pertambangan maupun program studi lainnya yang terkait.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dari berbagai macam aspek, diantaranya aspek geoteknik dan aspek hidrogeologi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kondisi hidrogeologi pada Dusun Kliripan. Selanjutnya, penelitian hidrogeologi di daerah Kliripan dan sekitarnya akan mencakup masalah kondisi iklim, topografi, geologi, sistem dan jenis akuifer serta potensi air tanahnya.

HASIL PENELITIAN

Kondisi Geologi Regional

Berikut ini ialah stratigrafi daerah Kliripan yang tersusun atas tiga unit litostratigrafi dan satu unit litodemik, yang akan dibuat interpretasinya berdasarkan dari tua ke muda.

Satuan Breksi Vulkanik Kaligesing

Terdiri dari litologi berupa lapilli, tuff, batupasir vulkanik, konglomerat, breksi erupsi dan breksi vulkanik sebagai litologi yang paling dominan pada satuan ini. Lapili memiliki warna abu-abu bintik putih, ukuran butir lapillus (2 – 64 mm). Tuff dengan warna krem hingga coklat tua, struktur masif, dengan ukuran butir debu kasar.

Litodem Vein Kalsedon

Litodem ini terdiri dari mineral silika berwarna oranye kecoklatan, memiliki tekstur lubang-lubang dengan isian mineral kuarsa dan mangan. Terdapat tekstur saccharoidal atau

sugarry texture yang mengisi lubang-lubang pada tubuh kalsedon. Pada lubang-lubang juga dijumpai pula tekstur opal mendada yang ditutupi oleh mineral mangan.

Satuan Napal Sentolo

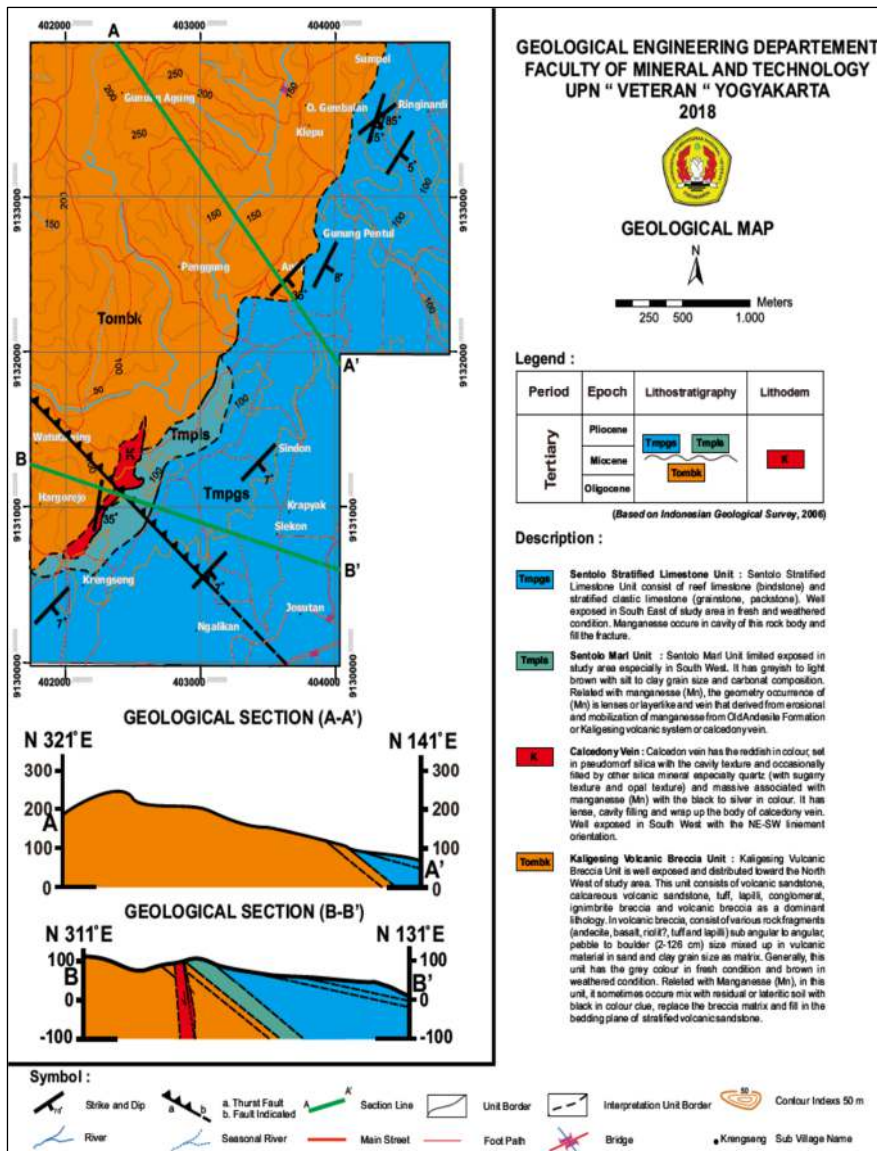
Satuan Napal Sentolo tersusun atas napal dengan warna krem keabuan hingga krem kekuningan, dengan struktur besar dan padat, berukuran butir lempung dengan komposisi berupa material berukuran lempung serta kandungan karbonat.

Satuan Batugamping Berlapis Sentolo

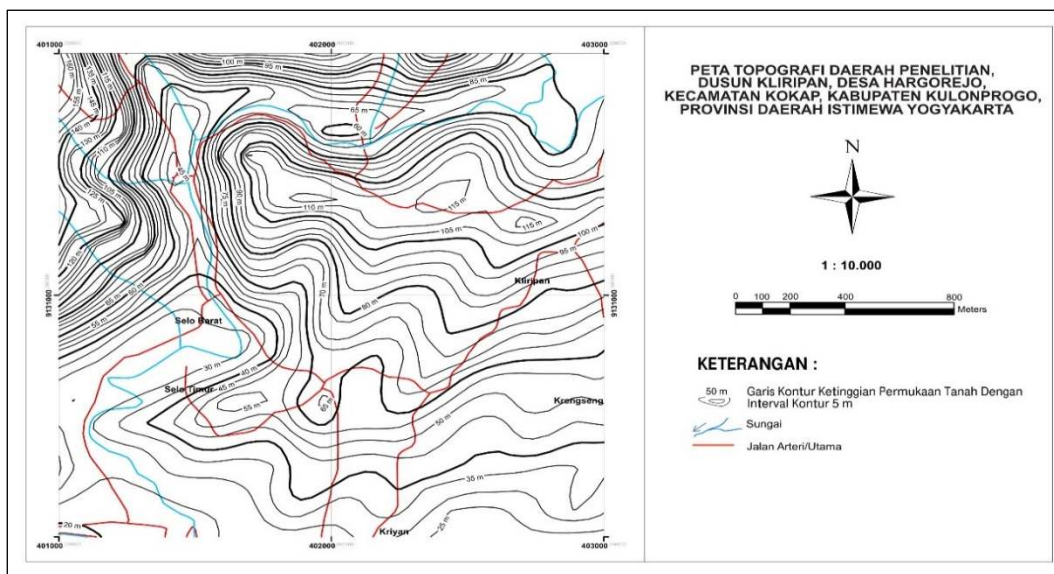
Satuan ini tersusun dari batugamping klastik berlapis-lapis yang memiliki warna krem kekuningan hingga putih, dengan warna saat lapuk menjadi hitam, struktur berlapis, ukuran butir arenit, bentuk butiran membulat hingga membulat tanggung dengan kemas tertutup, memiliki komposisi berupa skeletal, interklas sebagai *allochem*, kalsit sebagai mikrit dan *lime* muda sebagai sparit.

Kondisi Geologi Regional

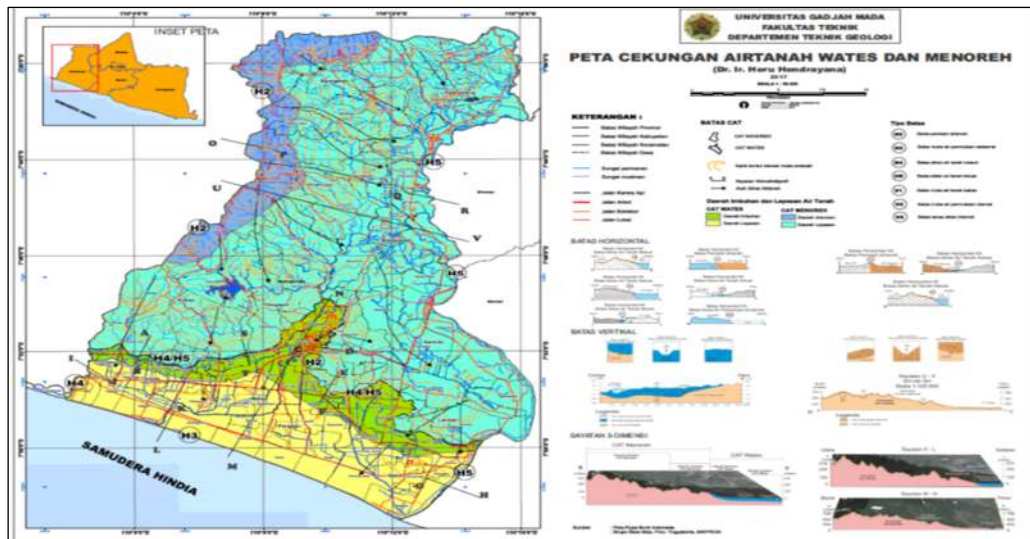
Pada Desa Hargorejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo terdapat aliran sungai. Baik sungai musiman maupun sungai permanen misalnya Sungai Pening. Desa Hargorejo merupakan daerah lepasan air tanah yang artinya menjadi daerah keluaran air tanah yang berlangsung secara alamiah pada cekungan air tanah. Desa Hargorejo termasuk ke dalam Wilayah Cekungan Air Tanah Menoreh, yang arah aliran air tanahnya cenderung menuju ke arah barat daya dan bermuara di Samudera Hindia. Cekungan air tanah Menoreh berada di sebelah utara cekungan air tanah Wates yang dibatasi Aliran Air Tanah Masuk yang terletak pada daerah Temon Wetan hingga Kaligantung. Cekungan air tanah Menoreh berada pada lapisan batugamping. Hal ini dapat dilihat pada peta Cekungan Air Tanah Wates dan Menoreh (Gambar 3). Selanjutnya, ditemukan mata air di sekitar daerah penelitian (Kliripan) yang disebut Sendang oleh warga sekitar. Mata air ini lokasinya berada tidak jauh dari *Inclined Shaft* (PTPM). Berada pada koordinat 07°51'37.54" LS dan 110°07'06.42" BT dengan ketinggian mata air pada elevasi 77 m di atas permukaan laut. Tipe akuifer pada daerah penelitian (Kliripan) merupakan akuifer bebas. Hal ini terlihat dari litologi yang ada pada daerah penelitian dan dari pengukuran sumur-sumur gali yang ada di sekitar terowongan.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Kliripan



Gambar 2. Peta Kontur Permukaan Daerah Penelitian



Gambar 3. Peta Cekungan Air Tanah Wates dan Menoreh

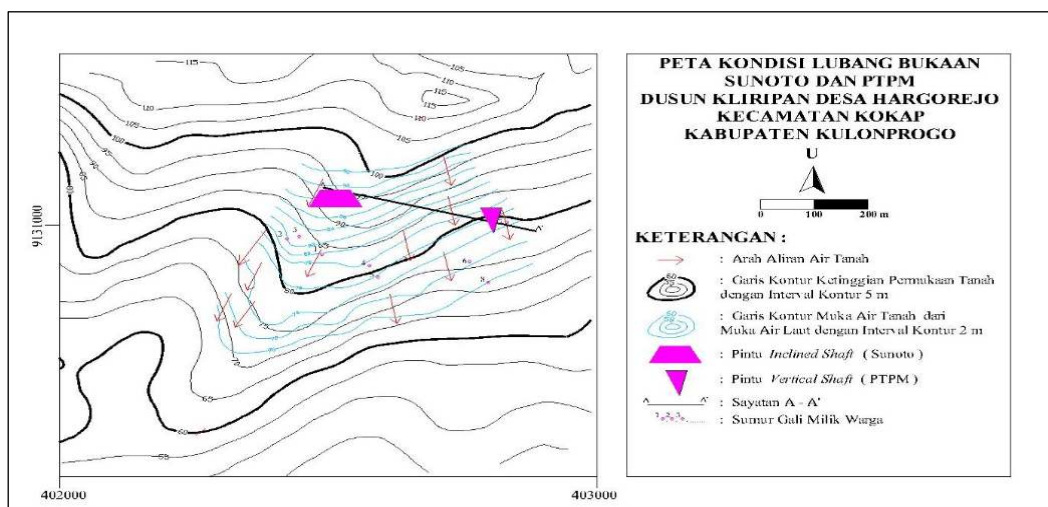
Kondisi Hidrogeologi Lokal

Terdapat sungai kecil di sebelah barat daerah penelitian yaitu Sungai Selo Barat dan Sungai Selo Timur yang mengalir ke arah selatan. Ditemukan mata air disekitar daerah penelitian (Kliripan) yang oleh warga setempat disebut Sendang. Hal ini disebabkan pada lokasi ini permukaan tanahnya berupa lereng dan terdapat pertemuan litologi yang mempunyai perbedaan nilai konduktivitas hidrolis yang sangat besar. Lokasi mata air tidak jauh dari *Inclined Shaft* (PTPM), kira-kira 10 meter ke arah timur dengan koordinat 07°51'37.54" LS dan 110°07'06.42" BT di elevasi 75 mdpl.

Ketinggian muka air tanah di daerah penelitian dari Gambar 5 diketahui berada pada elevasi (65 – 90) mdpl yang memanjang dari arah Barat ke Timur. Pengukuran muka air tanah dilakukan melalui sumur gali milik penduduk

setempat, dan ada beberapa sumur gali yang dibuat saat kegiatan penambangan untuk kepentingan proses pencucian bijih mangan hasil penambangan. Dari data tersebut kemudian dibuat peta sebaran kontur muka air tanah dan arah aliran airtanah bebas di daerah Kliripan dan sekelilingnya.

Arah aliran air tanah pada *Inclined Shaft* Sunoto cenderung mengalir ke arah barat daya, sedangkan pada *Vertical Shaft* PTPM aliran air tanah mengarah ke Tenggara. Hal ini menunjukkan keterdapat *groundwater divide* yang terletak diantara kedua lubang bukaan tersebut yang membagi arah aliran air tanah ke dua arah yang saling menjauhi satu sama lain. Selain itu, arah aliran air tanah ini juga cenderung mengikuti elevasi kontur permukaan tanah, di mana semakin ke selatan maka elevasi permukaan tanah semakin rendah.



Gambar 4. Peta Aliran Air tanah

Potensi Air Tanah Dusun Kliripan

Pada daerah penelitian (Kliripan) terdapat potensi air tanah. Potensi air tanah yang ada pada daerah ini adalah air tanah dangkal. Hal ini dibuktikan dengan peta cekungan air tanah (Gambar 1) dan menjadi lebih akurat karena terdapat data sumur gali artesis pada daerah penelitian.

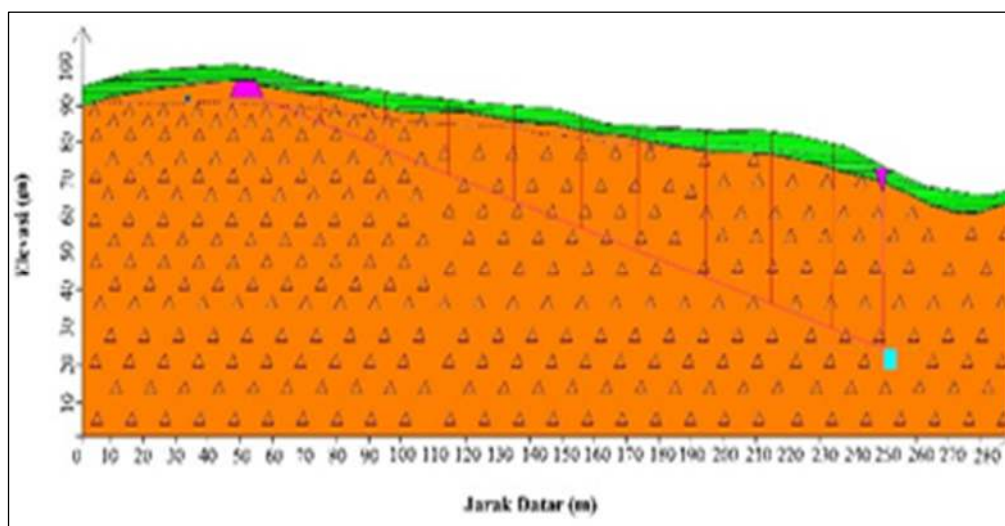
Bocoran dan rembesar airtanah air tanah ini mendapat suplai dari infiltrasi air hujan yang jatuh pada daerah tersebut. Berdasarkan perhitungan di lapangan. Didapat laju infiltrasi rata-rata di daerah penelitian (Kliripan) yaitu sebesar 0,16 cm/menit atau 2.439,44 mm/hari. Hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian mampu memasukkan air dengan kecepatan aliran 2.439,44 mm/hari.

Dari hasil pengukuran infiltrasi di lapangan (6 lokasi) dengan alat infiltrometer double ring diperoleh nilai infiltrasinya sekitar 0,16 cm/min atau 2.439,44 mm/hari. Dari nilai laju infiltrasi dan

luas area permukaan tanah sebagai *recharge area*, diketahui bahwa potensi resapan air hujan ke dalam tanah adalah 1.600 m³/min.

Namun, kenyataan di lapangan air hujan maksimum yang terjadi selama kurun waktu 10 tahun hanya 716 mm/hari dan dalam kenyataannya curah hujan tersebut tidak semuanya dapat meresap ke dalam tanah dikarenakan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi seperti kondisi topografi, vegetasi pada permukaan tanah (*cover crop*) dan tata guna lahan.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dapat dilihat bahwa daerah penelitian mempunyai laju infiltrasi yang cukup besar. Begitu juga kondisi curah hujan di daerah penelitian cukup tinggi. Kedua faktor tersebut ternyata mampu mensuplai imbuhan ke dalam air tanah sepanjang tahun. Akibatnya dalam memperhitungkan rembesan air tanah mestinya sepanjang waktu, baik pada musim penghujan maupun kemarau.



Gambar 5. Penampang Tegak Inclined Shaft Sunoto dan Vertical Shaft PTPM

PEMBAHASAN

Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Dusun Kliripan berada pada batuan batugamping dan di sekitar dusun tersebut merupakan daerah dengan batuan beku dan batuan breksi vulkanis. Batuan tersebut memungkinkan air mengalir di bawah permukaan serta bergerak ke bawah akibat gaya gravitasi dan menjadi cekungan air tanah maupun ke arah horizontal menjadi aliran air tanah yang bergerak mengikuti kontur permukaan tanah. Dusun Kliripan mempunyai potensi air tanah cukup baik berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada daerah tersebut.

Keadaan Hidrogeologi Dusun Kliripan

Pada Dusun Kliripan terdapat banyak elemen hidrogeologi seperti sungai, anak sungai,

cekungan air tanah, dan sumur piezometer. Maka berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada daerah penelitian, dapat disimpulkan bahwa selain menyimpan air tanah dengan jumlah yang banyak, juga terdapat unsur-unsur hidrogeologi yang bermanfaat untuk menjaga kondisi air tanah tersebut.

Infiltrasi Air Hujan

Infiltrasi air hujan yang jatuh pada daerah penelitian tersebut akan mensuplai air tanah di daerah penelitian terutama pada lapisan tanah di atas Lubang Bukaan Sunoto dan PTPM. Berdasarkan perhitungan di lapangan didapat laju infiltrasi rata-rata di daerah penelitian (Kliripan) yaitu sebesar 0,16 cm/menit atau sebesar 2.439 mm/hari.

Hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian mampu memasukkan air dengan kecepatan aliran 0,16 cm/menit. Namun, kenyataan di lapangan air hujan maksimum yang terjadi selama kurun waktu 10 tahun yaitu hanya sebesar 716 mm. Dalam kenyataannya tidak semua curah hujan tersebut dapat meresap ke dalam tanah, karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi resapan air hujan ke dalam tanah seperti kemiringan permukaan tanah, kondisi tumbuhan, dan tata guna lahan.

Dari data nilai laju infiltrasi tersebut suplai air hujan ke dalam air tanah, mempunyai potensi cukup besar, sehingga ketersediaan air tanah dalam akuifer dapat berlangsung sepanjang tahun, baik musim kemarau maupun musim penghujan.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan kajian dapat diperoleh kesimpulan bahwa Dusun Kliripan memiliki potensi air tanah yang sangat besar terbukti dari kondisi geologi, hidrogeologi, serta jumlah volume air yang berada didalam terowongan bekas tambang yang ada di wilayah tersebut, maka pada wilayah ini dapat dimanfaatkan untuk kepentingan penelitian mengenai air tanah tersebut maupun penelitian terhadap pemanfaatan lanjutan.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih detil tentang kondisi geologi di daerah Kliripan, terutama litologi, stratigrafi dan struktur geologinya.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kondisi akuifer dan air tanah di daerah penelitian (Kliripan) agar dapat diketahui karakteristiknya secara detil.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik karena dukungan dari para dosen pembimbing Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UPN Veteran Yogyakarta atas dukungannya. Semoga penelitian ini dapat menjadi referensi bagi perkembangan riset selanjutnya terutama penelitian mengenai kajian hidrologi terhadap bekas penambangan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymus, (2008), *Dokumen Tips Sistem Penambangan*, Bandung, hal VI-4-VI-6.

Bruce R. Munson, Donald F. Young and Theodore H. Okiishi, (2002), *Mekanika Fluida Jilid 2*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta, hal. 106.

Badan Pusat Statistika, (2018), *Kulon Progo Dalam Angka*, PT. Pohon Cahaya, Yogyakarta.

C.W. Fetter, (1994), *Applied Hydrogeology*, McGraw-Hill, Inc, Tokyo, pp. 108-110.

David Keith Todd, (2005), *Groundwater Hydrology, Third Edition*, John Wiley & Sons, Inc, New York, pp. 13-14.

Darwis, (2018), *Pengelolaan Air Tanah*, Pustaka AQ Nyutran, Yogyakarta, hal. 99-146.

Ersin Seyhan, (1977), *Dasar-Dasar Hidrologi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, hal 99-102.

J. Patrick Powers, (tt), *Construction Dewatering (New Methode and Applications), Third Edition*, John Wiley & Sons, Inc, New York, pp. 185-193, 247-253.

Kensaku Takeda, (1980), Suyono Sosrodarsono, *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta, hal. 2.

Sularso, Haruo Tahara. (1990), *Pompa dan Kompresor*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta, hal. 26-41.

Lilik Eko Widodo, Gatot Hari Priowirjanto, (1999), *Aliran Bocoran Akuifer Melewati Lapisan Semipermeabel Cukup Tebal*, Bandung.

Sudarto Notosiswoyo, Suyono, Lilik Eko Widodo, (2002), *Prediction of fracture rock permeability in Pasir Impun, Bandung, Indonesia*, Proceeding of Internasional Seminar at King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.

T.A. Cahyadi, Lilik Eko Widodo, Irwan Iskandar, Sukaerang, Suyono, (2015), *Modelling Spatial Distribution of 3D Isotropic Hydraulic Conductivity Based on HC-System for Fractured Groundwater Flow Media using Neural Network Case Study Grassberg Open Pit of PTFI, Papua, Indonesia*, Proceeding of Internasional Symposium on Earth Science and Technology 2015

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN CAMPURAN TANAH LATERIT DAN KAPUR (CaCO₃) UNTUK LAPIS PONDASI JALAN

Irianto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Sistem Informasi
Universitas Yapis Papua
Email: irian.anto@gmail.com

Abstract

In remote areas most roads still use soil pavement which is very susceptible to weather changes, especially those using soil pavement with high plasticity or clay soil. In addition to cost issues, the difficulty of obtaining a good material source becomes another problem that results in soaring material procurement prices. Related to that matter, then conducted research that utilize local material that is limestone rock (limestone) as material of stabilization. This research is experimental by designing a mixture of lime-laterite cylinders with a diameter of 50 mm and a height of 100 mm. The number of test specimens was 144 by taking samples from two regions, namely Skyland-Jayapura and Mindiptana-Merauke and for mixtures using 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 60% % with lime gradation each pass 10, 40, and 200 sieves. Mixed mechanical testing was performed after the test specimen was subjected at 7 days with a compressive strength test. The results showed that the specimens for Skyland-Jayapura area with a mixture of laterite soil + lime pass filter 200 were in lime variations of 5% valued at 0.46 MPa, while laterite + lime clearance 40 was in lime variation of 5% 0, 64 MPa..

Keywords: *Laterite Soil, Limestone, Compressive Strength*

Abstrak

Pada daerah-daerah terpencil kebanyakan jalan masih menggunakan perkerasan tanah yang sangat rentan terhadap perubahan cuaca, terutama yang menggunakan perkerasan tanah dengan plastisitas tinggi atau tanah lempung. Selain masalah biaya, kesulitan mendapatkan sumber material yang baik menjadi masalah lain yang mengakibatkan melambungnya harga pengadaan material. Berkaitan dengan hal tersebut, maka diadakan penelitian yang memanfaatkan material lokal yaitu batuan kapur (limestone) sebagai bahan stabilisasi. Penelitian ini bersifat eksperimental dengan membuat rancang campuran kapur-tanah laterit silinder dengan ukuran diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Jumlah benda uji masing-masing 144 buah dengan mengambil sampel dari 2 daerah yaitu Skyland-Jayapura serta Mindiptana-Merauke dan untuk campuran yang menggunakan kadar campuran kapur sebanyak 5% dengan gradasi kapur masing-masing lolos saringan 10, 40, dan 200. Pengujian mekanik campuran dilakukan setelah benda uji diperam pada umur 7 hari dengan uji kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji untuk daerah Skyland-Jayapura dengan campuran tanah laterit + kapur lolos saringan 200 berada pada variasi kapur sebanyak 5% senilai 0,46 MPa, sedangkan tanah laterit + kapur lolos saringan 40 berada pada variasi kapur sebanyak 5% senilai 0,64 MPa.

Kata kunci: Tanah Laterit, Batu Kapur, Kuat Tekan

PENDAHULUAN

Pada dasarnya suatu daerah dikatakan berkembang apabila sarana dan prasarana saling mendukung pembangunan daerah tersebut. Contohnya pada sarana transportasi seperti jalan, pelabuhan, dan bandara. Salah satu hal yang dianggap penting untuk mendukung sarana transportasi jalan adalah perkerasannya.

Namun untuk daerah tertentu memiliki lapisan perkerasan yang tidak memadai. Misalnya pada lapisan pondasi bawah (*subgrade*) mempunyai daya dukung yang rendah, sehingga terjadi perubahan volume tanah, oleh karena itu membutuhkan material pendukung. Perubahan volume ini sedikit banyak dipengaruhi oleh air yang jika musim hujan tanah akan menjadi basah dan menyusut sebaliknya pada musim kemarau akan retak-retak karena kehilangan air. Sifat kembang susut terjadi karena adanya perubahan volume yang diakibatkan oleh kandungan mineral-mineral dalam tanah lempung. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat tanah adalah dengan penambahan bahan stabilisasi pada tanah tersebut.

Pada daerah timur khususnya Papua seperti kabupaten Jayapura, Merauke dan sekitarnya memiliki kondisi tanah yang buruk dan tidak memiliki material berbatu. Tentunya hal ini dapat berdampak negatif untuk kelangsungan pembangunan infrastruktur jalan. Kondisi alam yang sulit, keterbatasan-keterbatasan sumber daya manusia dan sarana infrastruktur, merupakan penyebab terbatasnya akses transportasi darat di sana. Sehingga untuk kebutuhan penduduk pokok mengandalkan transportasi udara sebagai transportasi utama yang juga terbatas jumlahnya.

Salah satu cara yang digunakan adalah tanah lapis pondasi bawah distabilisasi dengan semen. Karena mineral kalsium silikat, C_3S dan C_2S merupakan unsur utama dalam pengembangan kekuatan dan memiliki pengaruh yang besar terhadap ketahanan dan sifat struktural jangka panjang. Namun karena biaya yang dibutuhkan untuk semen sebagai material pendukung sangat mahal, sehingga diperlukan alternatif material lain untuk menghemat biaya. Selain masalah biaya, kesulitan mendapatkan sumber material yang baik menjadi masalah lain yang mengakibatkan melambungnya harga pengadaan material. Dengan memanfaatkan material lokal yang ada, yaitu batu kapur diharapkan dapat mengatasi masalah yang ada dan dapat meminimalisir biaya.

Namun penambahan batuan kapur pada tanah yang distabilisasi tidak semata-mata dengan

perbandingan 1:1, tetapi pada penelitian ini digunakan kadar penambahan kapur 5% untuk mencari kuat tekan maksimum pada tanah campuran batuan kapur ($CaCO_3$).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh kuat tekan campuran tanah laterit setelah distabilisasi dengan penambahan kadar kapur pada curing selama 7 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel padat tersebut (Das, 1995). Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, H.C., 2010).

Menurut Bowles (1998), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang 6 disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang "diam" yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm

Tanah Laterit

Curah hujan yang tinggi, suhu yang tinggi, eluviasi yang intensif, dan sistem pengaliran yang

baik mempengaruhi tebal pelapukan tanah laterit di daerah tropis. (Wei dkk, 2014). Tanah laterit adalah tanah yang terbentuk dari batuan heterogen yang terdiri dari kerangka tulang yang mengandung besi keras yang diresapi dengan bahan tanah liat lunak (Kasthurba, dkk. 2007 dalam K. Muthusamy dkk, 2015). Tanah Laterit adalah tanah yang kaya oksida, besi, aluminium atau keduanya (Raju dan Ramakrishnan, 1972 dalam K. Muthusamy dkk, 2015). Tanah laterit banyak digunakan sebagai bahan bangunan karena jumlahnya banyak tersedia di beberapa bagian dunia. Penggunaan tanah laterit sebagai bahan pengganti agregat halus dalam beton telah diteliti secara ekstensif. (Adepegba 1975 dalam K. Muthusamy dkk, 2015; Fola et al., 1990; Oyekan dan Balogun, 1997; Salau dan Balogun, 1998; Etti et al., 2013 dalam K. Muthusamy dkk, 2015).

Batu Kapur (CaCO_3)

Kapur adalah batuan sedimen terutama terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk kalsit mineral. Batuan ini paling sering terbentuk di perairan laut yang dangkal. Ini biasanya merupakan batuan sedimen organik yang terbentuk dari akumulasi cangkang hewan, karang, alga dan puing-puing.

Batu kapur mengandung 98,9% kalsium karbonat (CaCO_3) dan 0,95% magnesium karbonat (MgCO_3) (Russell, 2007). Batu kapur di alam jarang ada yang murni, karena umumnya mineral ini selalu terdapat partikel lecil kuarsa, feldspar, mineral lempung, pirit, siderite dan mineral lainnya. Dalam mineral batu kapur terdapat juga pengotor, terutama ion besi.

Batu kapur berwarna putih keabu-abuan dengan kekerasan 3,00 Mohs, berbutir halus hingga kasar dan mempunyai sifat mudah menyerap air serta mudah dihancurkan. Batu kapur juga mudah larut dalam asam. Batu kapur yang larut dalam asam akan menghasilkan gas karbon dioksida. Batu kapur akan menjadi semakin tidak larut dalam air dengan naiknya temperature. Adapun batu kapur lebih banyak digunakan dalam industri karena banyak terdapat di alam dan banyak manfaatnya, misalnya dalam pembuatan kalsium klorida (Amethyst, 2010).

Sifat kimia (CaCO_3) antara lain tidak mudah terbakar dan bersifat stabil, dapat diperoleh secara alami dalam bentuk barang tambang berupa kapur (Patnaik, 2003). Oleh karena itu tidak akan terjadi reaksi mekanis saat dicampur dengan tanah laterit karena (CaCO_3) bersifat stabil.

Perbaikan Tanah Mekanis

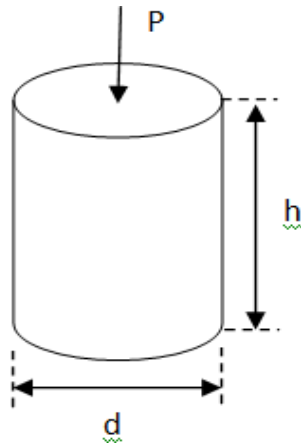
Lapis pondasi (*base*), lapis pondasi-bawah (*subbase*) maupun lapis permukaan merupakan struktur yang terbentuk dari campuran material granuler. Bila struktur pembentuk perkerasan tersebut tahan terhadap gerakan ke arah lateral akibat baban lalu-lintas, maka struktur dinamakan stabil secara mekanis, umumnya terdiri dari campuran agregat kasar (kerikil, batu pecah, slag dan sebagainya), agregat halus (abu batu, pasir dan sebagainya), lanau, lempung, yang dicampur dengan proporsi tertentu dan dipadatkan dengan baik. Penggunaan campuran material pada proporsi gradasi butiran yang optimal, disebut *stabilisasi mekanis*. Stabilisasi mekanis dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda guna memperoleh material yang lebih baik, sehingga memenuhi syarat kekuatan tertentu.

Dalam pembangunan perkerasan jalan, guna memenuhi syarat kestabilan mekanis, umumnya disyaratkan material harus mempunyai gradasi dan plastis tertentu. Kadang-kadang, material alam di sekitar lokasi proyek mungkin tidak memenuhi syarat, contohnya: material bergradasi seragam, kekurangan butiran halus atau bahkan kelebihan butiran halus dan sebagainya. Untuk ini, maka material tersebut perlu dilakukan stabilisasi mekanis, yaitu dengan cara mencampur beberapa material yang mempunyai gradasi berbeda. Dalam stabilitas mekanis dengan cara mencampur dua atau lebih material, maka dibutuhkan distribusi ukuran butiran yang diinginkan dan distribusi ukuran butiran tanah yang akan dicampur.

Dalam praktek, tindakan-tindakan perbaikan tanah-dasar (*subgrade*) yang umum dilakukan terutama pada tanah-tanah yang terlalu basah atau tanah-dasar lunak. Caranya adalah dengan menutup tanah lunak atau basah tersebut dengan material granular (sebagian atau seluruhnya) dan mengganti tanah tersebut dengan material granular sampai kedalaman tertentu. Material granular ini berfungsi untuk mendistribusikan beban roda kendaraan ke area yang lebih luas dan sekaligus memberikan landasan kerja yang kuat.

Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.



Gambar 1. Pembebanan pada benda uji silinder

Berdasarkan SNI 1974-2011, kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang.

$$f'c = \frac{p}{A} \quad (1)$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan (MPa)

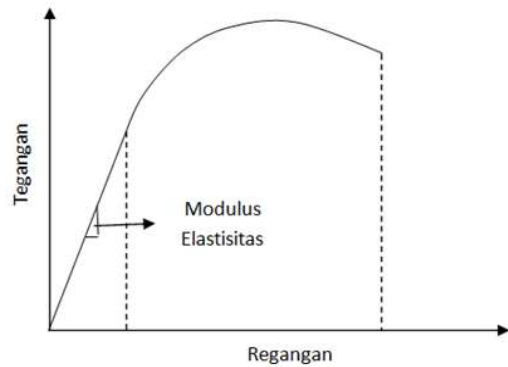
p = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm^2 , kuat tekan benda uji mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan suatu ukuran yang menunjukkan kekakuan dan ketahanan beton untuk menahandeformasi (perubahan bentuk). Suatu bahan apabila dibebani maka akan mengalami deformasi. Perbandingan nilai deformasi dengan ukuran awal benda uji disebut regangan. Semakin tinggi modulus elastisitas suatu bahan maka bahan tersebut semakin kuat menahan tegangan aksial akibat pembebanan dengan regangan yang sekecil mungkin. Modulus elastisitas didefinisikan sebagai rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan yang bersangkutan, dibawah batas proporsional dari material. Modulus elastisitas suatu bahan menggambarkan besarnya tegangan pada satu satuan regangan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur benda uji, sifat- sifat dari material, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji.



Gambar 2. Grafik modulus elastisitas

Kajian tentang hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan perencanaan suatu bagian struktur. Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk yang terjadi pada bahan itu sangat tergantung pada sifat tegangan dan regangan tersebut. Modulus elastisitas (E) dapat digunakan untuk berbagai material padat yang merupakan rasio konstan dari tegangan dan regangan dengan persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1)$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas (MPa)

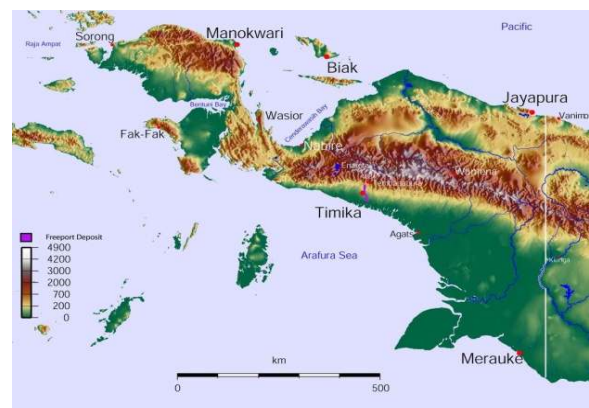
σ = kuat tekan (MPa)

ϵ = Regangan

METODOLOGI PENELITIAN

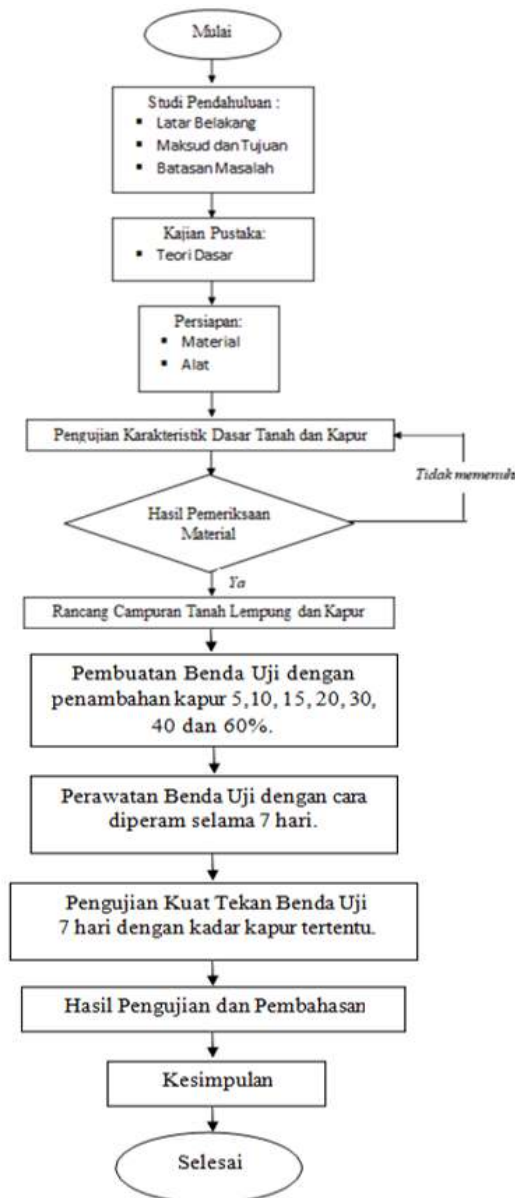
Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan bekerja sama dengan Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional, Abepura Jayapura dengan waktu penelitian selama tiga bulan. Dengan lokasi pengambilan sampel daerah Skyland-Jayapura dan Mindiptana-Merauke. Gambar 3 memperlihatkan daerah lokasi penelitian.



Gambar 3. Lokasi penelitian

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Jenis Penelitian dan Sumber Data

Penelitian yang dilakukan adalah uji eksperimental murni berupa kajian laboratorium dengan mengkaji penelitian-penelitian sebelumnya, khususnya yang terkait dengan pemanfaatan kapur sebagai bahan penstabilisasi tanah laterit.

Penyiapan Material

Bahan-bahan penelitian berupa tanah laterit yang berasal dari Skyland-Jayapura, Mindiptana-Merauke, Papua dan batuan kapur (CaCO₃) yang diperoleh dari Besum-Sarmi, Papua.

Batuan kapur (CaCO₃) disaring dengan menggunakan saringan no. 10, no.40 dan no.200. Kemudian tanah laterit di campur dengan CaCO₃ sebanyak 5, 10, 15, 20, 30, 40, dan 60%.

Pengujian Karakteristik Material

Jenis pengujian dan metode pengujian agregat tanah laterit dan batuan kapur ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Metode Pengujian Karakteristik Batuan Kapur

Jenis Pengujian	Standar Pengujian
Berat Jenis	SNI 03-1964-2008

Tabel 2. Metode Pengujian Karakteristik Tanah Laterit

Jenis Pengujian	Standar Pengujian
Pemeriksaan Klasifikasi Tanah	AASHTO M-145
Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM D-422
Pemeriksaan Batas-batas Atterberg:	
- Batas Cair (LL)	ASTM D-423C
- Batas Plastis (PL)	ASTM D-424
- Batas Susut (SL)	ASTM D-427
Pemeriksaan Berat Jenis	SNI 03-1964-2008
Kompaksi	SNI 03-2832-1992

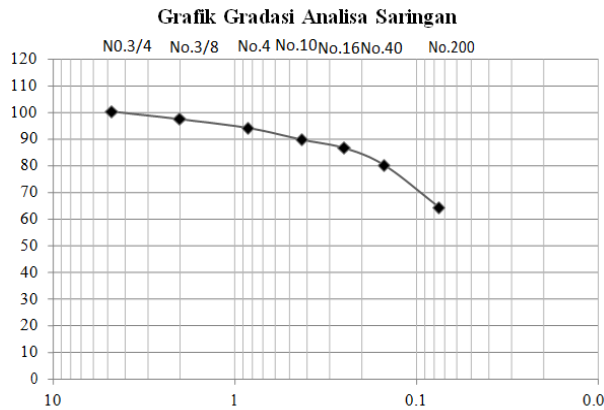
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Laterit Sumber Skyland

Hasil pengujian karakteristik tanah laterit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian karakteristik tanah

Karakteristik Material	Hasil Pemeriksaan
Klasifikasi Tanah	A-7-6
Analisa saringan	> 30% lolos No.200
Batas-batas Atterberg	
- Batas cair (LL)	43,35 %
- Batas Plastis (PL)	27,25 %
- Indeks Plastisitas (PI)	16,25 %
Berat Jenis	2,57
Kompaksi	
- γ_{dry}	1,53 gr/cm ³
- W_{opt}	24,40%



Gambar 5. Grafik Gradasi Analisa Saringan (mm)

Karakteristik Batu Kapur (CaCO₃)

Hasil pengujian karakteristik batu kapur (CaCO₃) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Pengujian karakteristik batu kapur (CaCO₃)

Karakteristik Material	Hasil Pemeriksaan
Berat Jenis	2,614
Analisa Saringan	< 30% lolos No.200

Mix Design Campuran Dalam 1 m³

Rancangan campuran tanah laterit dengan kapur dengan variasi kadar kapur yang lolos saringan nomor 10, 40, dan 200.

Tabel 5. Mix design campuran tanah laterit dan kapur

Mix design Tanah + Kapur	Tanah (gr)	Kapur (gr)	Air (gr)
0%	457.5	0	57.46
5%	434.6	23.26	57.46

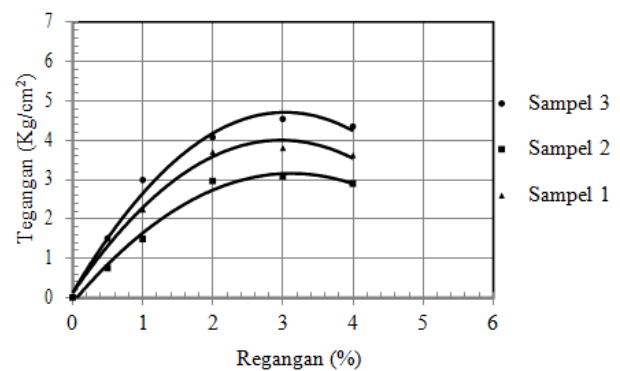
Hasil Pengujian Kuat Tekan Tanah Laterit Dari Skyland

Pengujian kuat tekan menggunakan silinder berukuran 50 x 100 mm sebanyak 3 buah benda uji untuk setiap variasi. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mengacu pada SNI 1974:2011. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil pengujian Kuat Tekan

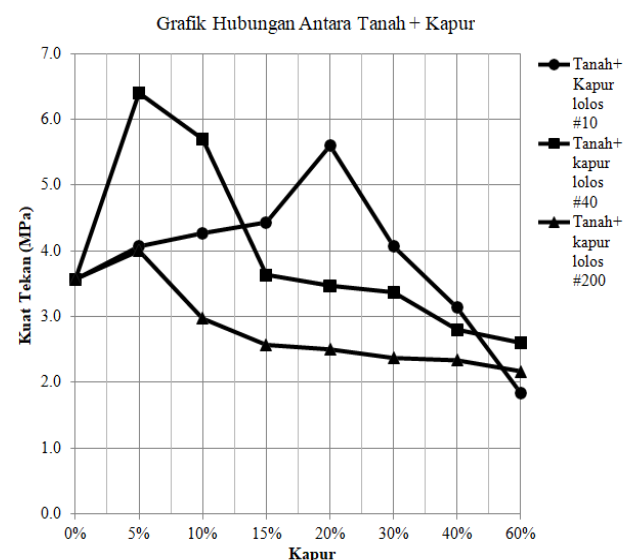
Kapur lolos #	Kadar kapur (%)	Kuat tekan Maks (MPa)
10	5	0,35
40	5	0,39
200	5	0,46

Dari hasil pengujian terlihat bahwa kuat tekan tertinggi berada pada Tanah + Kapur lolos #200.



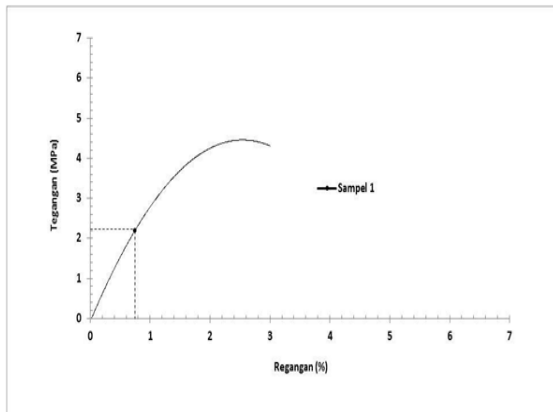
Gambar 6. Grafik kuat tekan tanah asli

Kuat Tekan Campuran Tanah Laterit Dari Skyland + Kapur

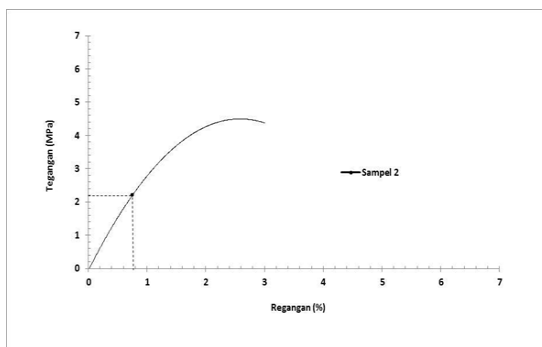


Gambar 7. Perbandingan Kuat Tekan Tanah + kapur lolos #10, #40 dan #200.

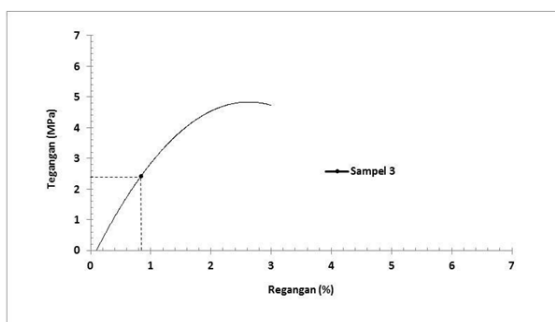
Modulus Elastisitas Tanah Laterite + Kapur dari Skyland



Gambar 7. Grafik Modulus Elastisitas



Gambar 8. Grafik Modulus Elastisitas



Gambar 9. Grafik Modulus Elastisitas

PENUTUP

Kesimpulan

Dari Hasil Analisa diperoleh nilai kuat tekan tanah asli daerah Skyland Jayapura memiliki peningkatan 2,05% setelah ditambahkan kapur sebanyak 5%, sedangkan nilai kuat tekan benda uji daerah Mindiptana Merauke mengalami peningkatan 8,27% setelah ditambahkan kapur sebanyak 5% dan dari nilai kuat tekan tanah asli daerah Skyland, Jayapura mengalami peningkatan pada pencampuran

kadar kapur sebanyak 5% untuk kapur lolos saringan no.200, sedangkan nilai kuat tekan benda uji daerah Mindiptana, Merauke mengalami peningkatan pada pencampuran kadar kapur sebanyak 5% untuk kapur lolos saringan No.40.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar Muda, (2015), *Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Bukit Rawi Distabilisasi Pasir Dan Semen*, Anterior Jurnal, Volume 15 Nomor 1. Jakarta.
- Bowles, J.E. (1984), *Physcal and Geotechnical Propertes of Soils*, McGraw-Hill Book Company, USA
- Das, Braja.M. (2005), *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jilid I, Erlangga. Jakarta.
- Fitri Febriani, (2015), *Perilaku Kuat Tekan Tanah Laterit Dengan Stabilisasi Kapur Dan Semen*, Jurnal Sipil, Fakultas Teknik UNHAS Makasar.
- H. Darwis, (2017), *Dasar dasar teknik Perbaikan Tanah*, Pustaka AQ, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2010), *Stabilitas Tanah Untuk Perkerasan Jalan*, Gadjah Madah University Press, Yogyakarta.
- Hermin Tjahyati, (2019), *Peningkatan daya dukung tanah laterite dengan stabilisasi semen*, Jurnal Jalan dan Jembatan kementerian PUPR, Jakarta.
- K. Muthusamy, N. W. Kamaruzaman, Mohamed A. Ismail, dan A. M. A. Budiea. (2015), *Durability Performance of Concrete Containing Laterite Aggregates*, KSCE Journal of Civil Engineering, November 2015, vol 19, issue 7, pp 2217-2224.

SENSITIVITAS JUMLAH STAGES PADA DESAIN ESP SUMUR DIRECTIONAL “X” LAPANGAN SALAWATI

Jeanne Ahuluheluw¹⁾, Leonardo D. Massolo²⁾, Praditya Nugraha³⁾

^{1) 2) 3)} Jurusan Teknik Perminyakan dan Gas Bumi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari
Email: ¹⁾jeaneahuluheluw@gmail.com, ²⁾l.massolo@unipa.ac.id, ³⁾p.nugraha@unipa.ac.id

Abstract

An Onshore Well “X” of JOB Pertamina-Petrochina field is a directional well. This particular well has ESP as the artificial lift to deliver the production fluid into the surface. Due to “off down hole”, the oil production had been suspended since 2012. However recently, the well will be activated and the pump will be modified into the new one. The purpose of this modification is to find the most suitable and effective pump with optimum numbers of installed stages on the ESP. This ESP design is started by nodal system analysis which corelates Inflow Performance Relationship (IPR) to Intake Pump Pressure. From the calculation using Pudjo Soekarno equation results a maximum flow rate in this well is 446,33 BPD. The flow rate is targeted to 65% from the maximum flowrate. Therefore, ESP series 319 NBV 250-500/60 Hz is chosen considering the operating range around 231-416 BPD which in this case is inside the range. Pump will be installed at 8500 ft depth. The numbers of stages based on calculation is 270 stages capable to lift 300 barrels fluid per day. This flowrate approximately meets the targeted flowrate, furthermore the pump will be at 47,9% of its Best Efficiency (BEP) during the operation. With this result the pump is considered able to operate efficiently and durably.

Keywords: ESP, Stages, IPR, Intake Pump Pressure

Abstrak

Sumur “X” Lapangan Onshore JOB Pertamina – Petrochina merupakan sumur berarah (*Directional Well*) dan menggunakan pompa benam listrik (Electric Submersible Pump – ESP) sebagai pengangkat buatan untuk membantu memproduksi fluida reservoir ke permukaan. Pada tahun 2012 pompa sumur mengalami *off down hole* sehingga berhenti berproduksi dan akan dilakukan reaktivasi sumur dengan mengganti pompa lama. Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan pompa yang tepat dan jumlah *stages* yang optimum dalam desain pompa ESP yang baru. Penentuan jumlah *stages* dilakukan dengan menggunakan analisa sistem nodal, yaitu menghubungkan kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) dengan kurva tekanan *intake* pompa. Dari hasil perhitungan dengan metode Pudjo Sukarno didapat laju alir maksimum Sumur “X” adalah 446,33 BPD. Laju alir yang ditargetkan adalah 65% dari laju alir maksimum yaitu sebesar 290,11 BPD. Pompa yang dipilih adalah *series* 319 yaitu NBV 250 – 500/60 Hz dengan *operating range* 231 – 416 BPD. Pompa dipasang pada kedalaman 8500 ft. Jumlah *stages* yang dipilih dari hasil perhitungan analisa nodal adalah 270 *stages* dengan laju alir 300 BPD. Laju alir tersebut mendekati laju alir yang ditargetkan dan *Best Efficiency Pump* (BEP). Dengan Efisiensi pompa sebesar 47,9 % maka pompa dapat beroperasi lebih efisien dan umur penggunaan pompa akan lebih lama.

Kata kunci: ESP, Stage, IPR, Tekanan Intake Pompa

PENDAHULUAN

Proses produksi minyak dari suatu sumur ke permukaan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode sembur alam (Natural Flow) dan pengangkatan buatan (Artificial Lift). Pada metode sembur alam (Natural Flow), fluida dari reservoir mengalir ke permukaan dengan bantuan dari tekanan reservoir. Seiring waktu, tekanan reservoir atau daya sembur alam tersebut akan berkurang sehingga tidak dapat mendorong fluida dari reservoir ke permukaan lagi, untuk itu digunakan pengangkatan buatan (Artificial Lift) agar sumur tetap berproduksi. Berdasarkan jenis peralatannya, Artificial Lift terdiri dari beberapa macam diantaranya *Sucker Road Pump (SRP)*, *Electric Submersible Pump (ESP)*, *Gas Lift*, *Jet Pump*, dan *Progressive Cavity Pump (PCP)*.

Sumur “X” yang berada pada lapangan onshore JOB Pertamina - Petrochina Salawati merupakan sumur berarah yang berproduksi dengan menggunakan *Electric Submersible Pump (ESP)*. Penggunaan ESP dianggap lebih efisien, murah, dan dapat dioperasikan pada sumur minyak dengan *water cut* tinggi. Sumur minyak ini akan didesain pompa baru menggantikan pompa lama setelah sumur ditinggalkan selama beberapa tahun. Pemilihan pompa akan disesuaikan dengan spesifikasi sumur, jenis *liquid*, serta jumlah *liquid* yang akan diangkat. Pada penelitian ini, jumlah stages akan divariasikan sehingga dapat ditentukan design yang optimum. Banyaknya stages dapat mengindikasikan kekuatan pompa ESP untuk beroperasi. Dalam mendesain pompa *Electrical Submersible Pump* perlu dilakukan dengan tepat agar dalam pengoperasiannya didapat hasil yang optimum dan efisien.

METODE PENULISAN

Dalam studi ini diawali dengan dilakukannya pengumpulan data. Data-data tersebut berupa data sumur, data produksi, data tekanan, data PVT, serta data Pompa.

Prosedur kerja yang dilakukan pada studi ini berupa: menentukan laju produksi optimum formasi dengan metode Pudjo Sukarno, merencanakan pompa ESP dengan sensitivitas jumlah *stages* menggunakan analisa sistem nodal.

IPR Pudjo Sukarno

Dalam Studi ini untuk mengetahui sejauh mana kemampuan sumur memproduksi fluida dengan tekanan reservoir dan tekanan alir dasar sumur tertentu, maka dapat dilakukan dengan pembuatan kurva IPR. Metode yang digunakan

dalam perhitungan dan penentuan IPR pada sumur ini adalah metode Pudjo Soekarno, dimana laju alir maksimum diperoleh berdasarkan konstanta A_0 , A_1 dan A_2 .

$$Q_t \max = \frac{q_o}{\left[A_0 + A_1 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right) - A_2 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2 \right]} \tag{1}$$

Dimana A_0 , A_1 dan A_2 merupakan konstanta persamaan yang harganya berbeda untuk *water cut* yang berbeda. Hubungan ini dapat diperoleh secara regresi melalui persamaan:

$$An = C_0 + C_1(\text{water cut}) + C_2(\text{water cut}) \tag{2}$$

Harga C_n untuk masing2 A_n dapat diperoleh dari tabel di bawah ini:

Tabel 1. Harga C_n

An	C0	C1	C2
A0	0,980321	-0,115661 x 10 ⁻¹	0,17905 x 10 ⁻⁴
A1	-0,41436	0,392799 x 10 ⁻²	0,237075 x 10 ⁻⁵
A2	0,5687	0,76208 x 10 ⁻²	-0,202079 x 10 ⁻⁴

Melalui percobaan simulasi harga *water cut* berubah sesuai dengan perubahan kondisi reservoir (tekanan). Oleh karena itu, penentuan *water cut* ditentukan secara regresi melalui hubungan antara P_{wf} terhadap *water cut* $WC(WC@P_{wf}=P_r)$, hubungan tersebut dapat dilihat pada persamaan:

$$\frac{WC}{WC @ P_{wf}=P_r} = P_1 \times \text{Exp} \left(P_2 \frac{P_{wf}}{P_r} \right) \tag{3}$$

$$WC = \frac{q_w}{qt} \times 100\% \tag{4}$$

Dimana P_1 dan P_2 tergantung dari harga *water cut*. Dari hasil Analisa regresi didapat persamaan:

$$P_1 = 1,606207 - 0,130447 \times \ln(WC) \tag{5}$$

$$P_2 = -0,517792 + 0,110604 \times \ln(WC) \tag{6}$$

Penentuan Total Dynamic Head Pompa (TDH)

Berdasarkan nilai tekanan alir dasar sumur (P_{wf}), maka tekanan *intake* pada mulut pompa dapat dicari berdasarkan persamaan:

$$PIP = P_{wf} - (\text{Datum Point} - PSD) \times GF \tag{7}$$

Setelah memperoleh *intake pressure*, selanjutnya mencari *vertical lift* (H_D), merupakan jarak yang harus ditempuh antara *dynamic fluid level* (DFL) hingga ke permukaan.

$$\text{Vertical Lift } (H_D) = \text{PSD} - \frac{\text{PIP}}{\text{GF}} \tag{8}$$

Dalam aliran vertikal tentu akan ada kehilangan tekanan sepanjang aliran (tubing) akibat *friction loss*. Penentuan *Friction loss* dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Friction Loss} = \frac{2,083 \times \left[\frac{1000}{c}\right]^{1,85} \times \left[\frac{Q}{34,3}\right]^{1,85}}{\text{ID}^{4,8655}} \tag{9}$$

Setelah diketahui besarnya kehilangan tekanan pada tubing yang terpasang, maka dapat ditentukan *head friction* (HF) dengan persamaan:

$$\text{HF} = \text{Friction Loss} \times \frac{\text{PSD}}{1000} \tag{10}$$

Selanjutnya menentukan *Tubing Head* (HT), adalah kemampuan suatu titik dalam hal ini *wellhead* untuk mengantarkan fluida hingga tekanan dan target tertentu (biasanya separator).

$$\text{Tubing Head} = \frac{\text{pwf}}{\text{Gf}} \tag{11}$$

Setelah diperoleh seluruh beban tekanan yang harus ditanggung oleh pompa, maka selanjutnya Total Dynamic Head (TDH) pompa dapat dihitung:

$$\text{Total Dynamic Head} = H_D + H_F + H_T \tag{12}$$

Analisa Sensitivitas Jumlah Stages pada ESP

Nilai TDH yang didapat akan dibagi dengan harga head/stage yang didapatkan dari memplotkan q (Laju Alir Produksi) pada *Pump Curve Performance*.

$$\text{Stages Pompa} = \frac{\text{TDH}}{\text{ft/stages}} \tag{13}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan membahas mengenai hasil pengumpulan data dan perhitungan serta hasilnya. Perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) menggunakan metode Pudjo Soekarno, perhitungan tekanan intake pompa dan perhitungan variasi jumlah *stage* pompa.

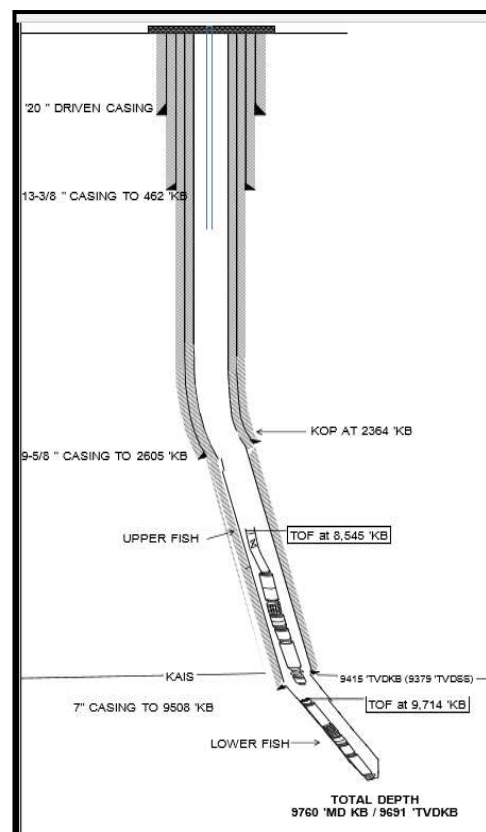
Hasil Pengumpulan Data

Berikut tabel 1 berisi data sumur dan PVT sumur “X”.

Tabel 2. Data Sumur

Parameter	Nilai
Tubing	ID 2,441 inch
	OD 2,875 inch
Kedalaman Sumur	9760 ft
Datum Point	9634 ft
Pump Setting Depth (PSD)	8500 ft
Fluid Level	SFL 1410 ft
	WFL 4992 ft
Tubing Head Pressure	100 psi
Konstanta Tubing	120
⁰ API Minyak	31,4 ⁰ API
Specific Gravity	Gas 0,869
	Air 1
Water Cut (WC)	90,4%
	Total 250 BPD
Laju Produksi	Minyak 20,352 BPD
	Air 191,648 BPD

Berikut adalah gambar penampang sumur yang berisikan profile sumur “X”.



Gambar 1. Penampang Sumur “X”

Perhitungan Kurva IPR Pudjo Soekarno

Pembuatan kurva IPR ditujukan untuk dapat memberi gambaran mengenai kondisi reservoir

sehingga instalasi peralatan produksi yang sesuai dapat dipasang.

Berdasarkan persamaan 5 dan 6 diperoleh $P1=1,018641$ dan $P2=-0,019605$. Selanjutnya harga konstanta A_n dari persamaan 2 diperoleh $A_0=0,086629$, $A_1=-0,042799$ dan $A_2=-0,043374$. Sehingga didapatkan qt max sesuai persamaan 1:

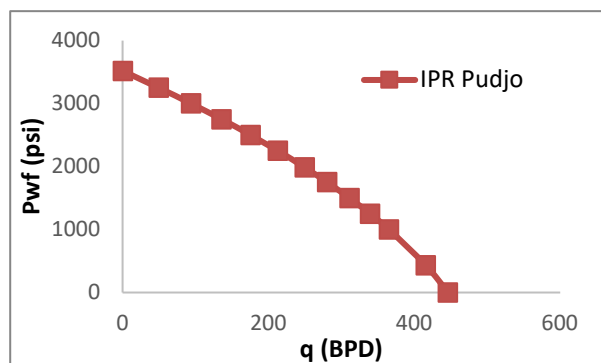
$$qt \text{ max} = \frac{24}{\left[0,086629 - 0,042799 \left(\frac{1985}{3516}\right) - A_2 \left(\frac{1985}{3516}\right)^2\right]}$$

$qt \text{ max} = 494,61 \text{ BFPD}$

Selanjutnya menghitung berbagai nilai q_0 , q_w dan q total berdasarkan berbagai asumsi P_{wf} seperti pada persamaan 1 dan hubungan regresi WC pada persamaan 4. Sehingga diperoleh hasil berbagai laju alir terhadap perubahan P_{wf} dan WC seperti pada tabel dan kurva IPR di bawah ini.

Tabel 3. Laju Alir pada Berbagai Harga P_{wf}

P_{wf} Psi	Q_0 BOPD	Q_w BWPD	Q_t BFPD
3516	0.041572	0.391466	0.433037
3250	4.793116	45.13518	49.92829
3000	9.03307	85.06141	94.09448
2750	13.05424	122.9275	135.9817
2500	16.85663	158.7333	175.5899
2250	20.44024	192.4789	212.9192
1985	24	226	250
1750	26.95111	253.7896	280.7408
1500	29.87837	281.3547	311.2331
1250	32.58685	306.8596	339.4464
1000	35.07655	330.3042	365.3808
429	39.94252	376.1254	416.0679
0	42.84753	403.4809	446.3284



Gambar 2. Kurva IPR Sumur X

Diperoleh laju produksi fluida total maximum adalah 446,33 BPD. Laju produksi target adalah 65% dari laju produksi maksimum, yaitu sebesar 290,11 BFPD.

Perhitungan TDH (Total Dynamic Head)

Sesuai dengan instalasi kompleksi sumur yang sudah terpasang dan laju produksi target, maka ditentukan jenis pompa tersedia pada katalog pompa ESP yang digunakan pada lapangan ini. Pompa NBV (250 – 500) H 319 Series memenuhi kriteria yang terdapat pada sumur ini.

Setelah menentukan jenis pompa, perlu perhitungan tekanan intake pompa yang akan terpasang di dalam sumur untuk menyelaraskan laju dan tekanan alir hingga fluida produksi mampu diproduksi ke separator. Melalui persamaan 7—12 diperoleh masing *total dynamic head* (P_2) berdasarkan nilai q asumsi seperti pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 4. Total Dynamic Head

q asumsi BFPD	P_{wf} psi	P_2 psi	Head/stage (ft/stage)
231	2123	3736	20.8
240	2058	3737	20.6
270	1833	3737	19.7
300	1593	3738	18.6
313	1484	3738	18
330	1335	3739	17.2
360	1053	3740	15.5
390	793	3740	13.7
416	429	3741	11.8

Sensitivitas Variasi Jumlah Stages Pompa

Berdasarkan persamaan 13, besarnya tekanan *tubing intake* (P_3) dapat dikalkulasi setelah memvariasikan jumlah stages pada pompa ESP.

$$P_3 = \frac{p_{fsc} \times \text{head/stage}}{808,3131} \times \text{Stages} \tag{14}$$

Pada q asumsi = 231 BFPD

$$P_3 = \frac{345,586 \times 20,8}{808,3131} \times 240$$

$$P_3 = 1602,203 \text{ psi}$$

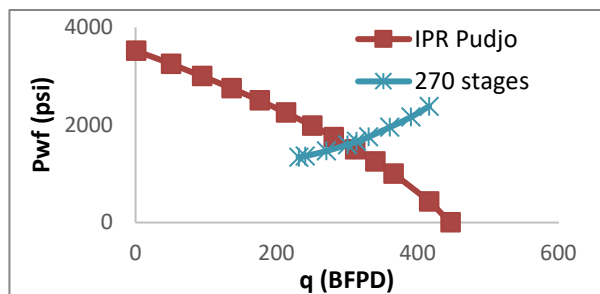
Sehingga diperoleh hasil pada berbagai variasi stages yang mungkin diinstal pada ESP series 319 NBV 250 – 500/60 Hz seperti tabel 4. Dalam katalog series (gambar 4) pompa ini dapat

beroperasi pada range 231 – 416 BPD, laju alir target masuk dalam kategori range pompa ini.

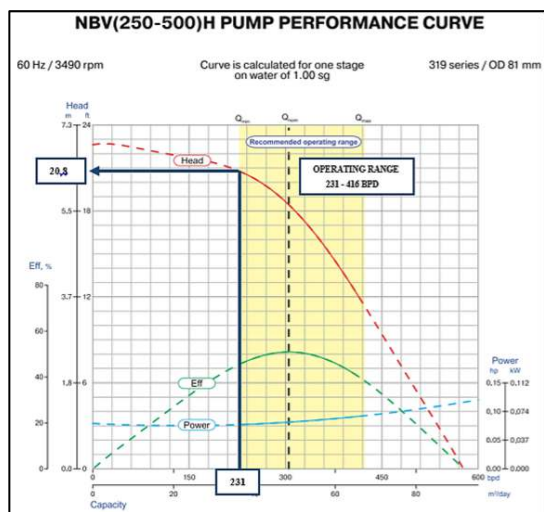
Plot antara tekanan tubing intake (P3) terhadap laju produksi pada kurva IPR memberikan gambaran yang lebih jelas untuk memilih jumlah stages yang mendekati q target. Pada kurva ditemukan jumlah stages 270 pasang mempunyai titik perpotongan q = 300 BFPD, nilai ini mendekati q target. Hasil dari plot ini dapat dilihat pada gambar 3.

Tabel 5. Tekanan *Tubing Intake Stages* pada berbagai variasi nilai *stages*

q asumsi BFPD	P3 (psi)					
	240 Stg's	250 Stg's	260 Stg's	270 Stg's	280 Stg's	290 Stg's
231	1602	1513	1424	1335	1246	1158
240	1623	1535	1447	1359	1271	1182
270	1716	1632	1547	1463	1378	1295
300	1829	1750	1670	1591	1511	1432
313	1891	1814	1737	1660	1583	1506
330	1974	1900	1827	1753	1680	1606
360	2150	2083	2017	1950	1884	1817
390	2335	2276	2217	2159	2100	2042
416	2530	2480	2429	2379	2329	2278



Gambar 3. Plot Intake 270 Stages Terhadap IPR



Gambar 4. *Pump Performance Curve*

Pada gambar 4 yang diperoleh dalam katalog pompa ini, laju alir target memiliki efisiensi 47,9% dari *best efficiency point* sebesar 48%.

Pembahasan

Sumur “X” pada analisa sensitivitas jumlah Stages merupakan sumur tua dengan water cut tinggi sebesar 94%. Umumnya lapangan yang sudah lama berproduksi tidak lagi mampu mendorong fluida ke permukaan, oleh karena itu akan dipasang pompa untuk menunjang pengangkatan fluida tersebut, dalam hal ini pompa ESP dipilih karena jumlah produksi fluida yang cukup besar.

Desain ESP dilakukan dengan perhitungan analisa nodal dimana menghubungkan kurva tekanan tubing *intake stages* pompa berbagai variasi jumlah *stages* dengan kurva IPR Pudjo Sukarno. Titik perpotongan dari kurva tubing *intake stages* pompa dengan kurva IPR akan memberikan laju produksi optimum. *Stages* dipilih berdasarkan dengan laju alir produksi optimum yang mendekati laju produksi yang telah ditentukan sebelumnya.

Pada design ini ditemukan jumlah stages pompa ESP *series* 319 NBV 250 – 500/60 Hz adalah sebanyak 170 stages dengan kemampuan memproduksi hingga 300 BFPD dan memiliki efisiensi 47,9%.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa dalam studi ini dapat ditarik kesimpulan:

1. Q target diambil 60% dari laju alir maksimum yaitu sebesar 294,922 BPD.
2. Dari hasil desain pompa, tipe pompa yang dipilih adalah NBV 250-500/ 60 Hz dimana mempunyai operation range 231 – 416 BPD.
3. Jumlah stages yang didapat adalah 270 stages dengan laju alir sebesar sebesar 300 BPD.
4. Laju alir sebesar 300 BPD memiliki Effisiensi pompa sebesar 47, 9 %.

DAFTAR PUSTAKA

Andalucia, Sefilra. 2012. *Evaluasi dan Desain Ulang Electric Submersible Pump (ESP) Pada Sumur “X” di Lapangan “Y”*. UPN Veteran Yogyakarta.

Brown, E.K. 1984. *The Technology of Artificial Lift Method, Volume I, II, dan IV*. Devision of Penn Well Publishing Co. The University of Tulsa, Oklahoma.

- Guo, Boyun dkk. 2007. *Petroleum Production Engineer*. Elsevier Science & Technology Books. USA.
- Joint Operating Body (JOB) Pertamina-Petrochina Salawati. 2018. *Data-data Sumur dan Produksi di Lapangan*. Joint Operating Body (JOB) PertaminaPetrochina.
- Novomet. 2013. *Product Catalog*. <https://id.scribd.com/doc/309492098/NovometCatalog>. (15 Mei 2019)
- Pamungkas, Joko dkk. 2004. *Pengantar Teknik Produksi*. Yogyakarta.
- Takacs, Gabor. 2009. *Electrical Submersible Pump Manual*. Gulf Professional Publishing. Burlington
- Tarek, Ahmad. 2006. *Reservoir Engineer Handbook*. Elsevier Science & Technology Books. USA

CUT OFF GRADE NIKEL LATERIT PADA BLOK 1A PT. ANUGRAH SUKSES MINING

Denzi Y. Rohmaningrum¹⁾, Juanita R. Horman²⁾

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Email: ¹⁾ denzira0207@gmail.com, ²⁾ j.horman@unipa.ac.id

Abstract

PT. Anugrah Sukses Mining (ASM) is a company engaged in laterite nickel mining. PT. ASM has a production target of 140,000 tons / month, with an average nickel content of 1.95%. PT. ASM operates mining based on the divisions of regions or blocks of mining. Block 1A is the first block mined by PT. ASM. Block 1A has a total area of 490,000 m² and is divided into three mining areas, namely pit 1, pit 2 and pit 3. This research focuses on the pit 2 mining front where limonite and saprolite as laterite nickel zonation. This research was conducted to determine the cut off grade of the laterite nickel grade of the planned sequence. Total tonnage of laterite nickel prior to pit formation was 235,943 tons, with 86,922 tons of waste, 149,021 tons of ore, 0.58: 1 of SR, and cut off grade % Ni \geq 1.63. The total tonnage of laterite nickel after pit formed was 231,105 tons, with 81,414 tons of waste, 149,217 tons of ore, cut off grade % Ni 1.57 and 0.54: 1 of SR.

Keywords: *laterite nickel, cut off grade*

Abstrak

PT. Anugrah Sukses Mining (ASM) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan nikel laterit. PT. ASM memiliki target produksi 140.000 ton/bulan dengan kadar nikel rata-rata 1,95%. PT. ASM melakukan penambangan berdasarkan pembagian daerah atau *block* penambangan. *Block* 1A merupakan *block* pertama yang ditambang oleh PT. ASM. *Block* 1A memiliki luas keseluruhan 490.000 m² dan dibagi menjadi tiga area penambangan, yaitu *pit* 1, *pit* 2, dan *pit* 3. Penelitian ini dilakukan pada *front* penambangan *pit* 2 dengan zonasi nikel laterit yang ditambang ialah limonit dan saprolit. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai *cut off grade* nikel laterit dari *sequence* yang direncanakan. Total *tonnage* nikel laterit sebelum terbentuknya *pit* berjumlah 235.943 ton, dengan *waste* sebesar 86.922 ton dan ore sebesar 149.021 ton. *Stripping ratio* 0,58:1 dan *cut off grade* %Ni \geq 1,63. Total *tonnage* nikel laterit setelah dibentuk *pit* berjumlah 231.105 ton, dengan *waste* sebesar 81.414 ton dan ore sebesar 149.217 ton. *Cut off grade* %Ni 1,57 dan *Stripping ratio* 0,54:1.

Kata Kunci: *nikel laterit, cut off grade*

PENDAHULUAN

Perusahaan pada umumnya melakukan perencanaan tambang dalam bentuk jangka panjang, jangka menengah dan jangka pendek. Perencanaan jangka pendek pertambangan dilakukan agar memenuhi keberlanjutan perusahaan dalam bentuk pencapaian target produksi. Pada perencanaan jangka pendek pertambangan yang menggunakan metode *open pit*, *pit* utama akan dibuat menjadi bagian-bagian berupa geometri yang lebih kecil atau biasa disebut dengan *sequence*. Penentuan sebuah *sequence* mengacu pada target produksi di mana pada pertambangan bijih target produksi pada umumnya berupa *tonnage* dan kadar.

Kadar nikel laterit umumnya bersifat heterogen untuk itu pada proses penambangannya atau pembongkaran bijih perlu dilakukan *selective mining* untuk mendapatkan nikel dengan nilai kadar yang telah ditentukan oleh masing-masing perusahaan. Dalam proses *selective mining*, sebelum dilakukan penggalian, dilakukan pengujian kadar nikel terlebih dahulu. Tujuan dilakukan pengujian kadar ini adalah untuk mengategorikan endapan nikel yang masih ekonomis untuk ditambang (*ore*) dan yang tidak (*waste*), di mana nilai batas kadar yang memisahkan antara *ore* dan *waste* disebut dengan *cut off grade* (COG).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif yang dimulai dengan mengumpulkan data, menganalisis data dan menginterpretasikannya. Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data lubang bor seperti data *assay*, *collar* dan *survey*.

Data lubang bor akan diolah menjadi *block* model menggunakan *software* Surpac dengan metode perhitungan cadangan *Inverse Distance Weighting* (IDW). Dengan memperhatikan kemajuan tambang, *stripping ratio* (SR) dan COG *boundary* yang direncanakan dibuat dengan metode *trial and error* agar *tonnage* yang ada dalam *boundary* sesuai dengan target perusahaan yaitu 140.000 ton.

Setelah *boundary* yang dibuat telah sesuai maka langkah selanjutnya adalah mendesain *pit* berdasarkan *boundary* yang telah dibuat. *Pit* tersebut kemudian akan dihitung nilai COG-nya menggunakan metode *trial and error*. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung COG adalah:

$$\text{COG} = \frac{W_1 \cdot K_1 + W_2 \cdot K_2 + \dots + W_n \cdot K_n}{W_1 + W_2 + \dots + W_n} \quad (1)$$

Dengan COG adalah kadar terendah yang masih menguntungkan apabila bijih tersebut ditambang atau kadar rata-rata terendah, *W* adalah *tonnage* per kadar nikel, dan *K* adalah kadar nikel.

HASIL

Block 1A merupakan *block* pertama yang ditambang oleh PT ASM dengan luas keseluruhan 490.000 m². *Block* 1A dibagi menjadi tiga area penambangan, yaitu pit 1, pit 2, dan pit 3. Pada area *block* 1A telah dilakukan pemboran dengan spasi antara lubang bor ± 25 m. Penelitian ini dilakukan pada *front* penambangan pit 2 dengan zonasi nikel laterit yang ditambang ialah limonit dan saprolit.

Penentuan *Boundary*

Boundary merupakan batas area rencana penambangan. Dalam penelitian ini *boundary* yang dibuat merupakan batas dari *sequence* yang direncanakan. *Boundary* dibuat berdasarkan target produksi, SR dan COG (Tabel 1) yang ditentukan perusahaan sedangkan letak dari *boundary* tersebut disesuaikan dengan kemajuan tambang PT ASM. Penentuan *boundary* dilakukan dengan metode *trial and error*, hal ini disebabkan penyebaran kadar nikel yang tidak merata. Proses penentuan *boundary* dilakukan menggunakan *software* Surpac. *Boundary* inilah yang akan menjadi batas *pit* yang direncanakan.

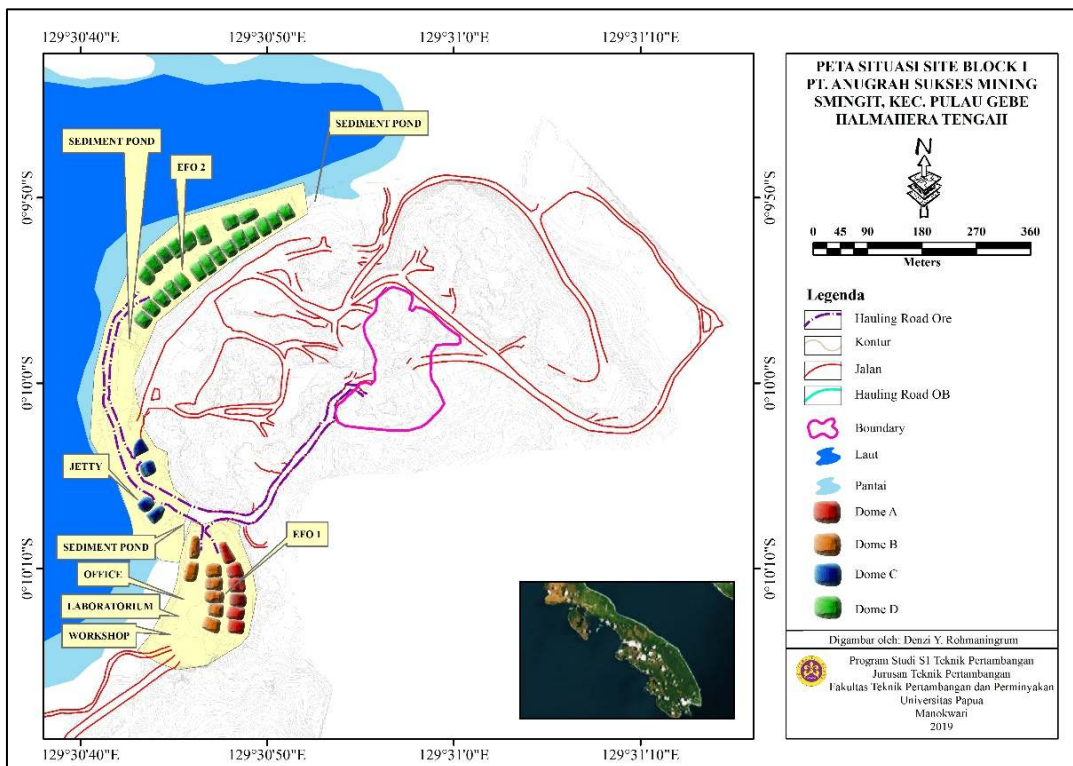
Tabel 1. Data target produksi, COG dan SR.

No.	Data	
1	Target produksi	140.000 ton/bulan
2	COG	1,95%
3	SR	1:1

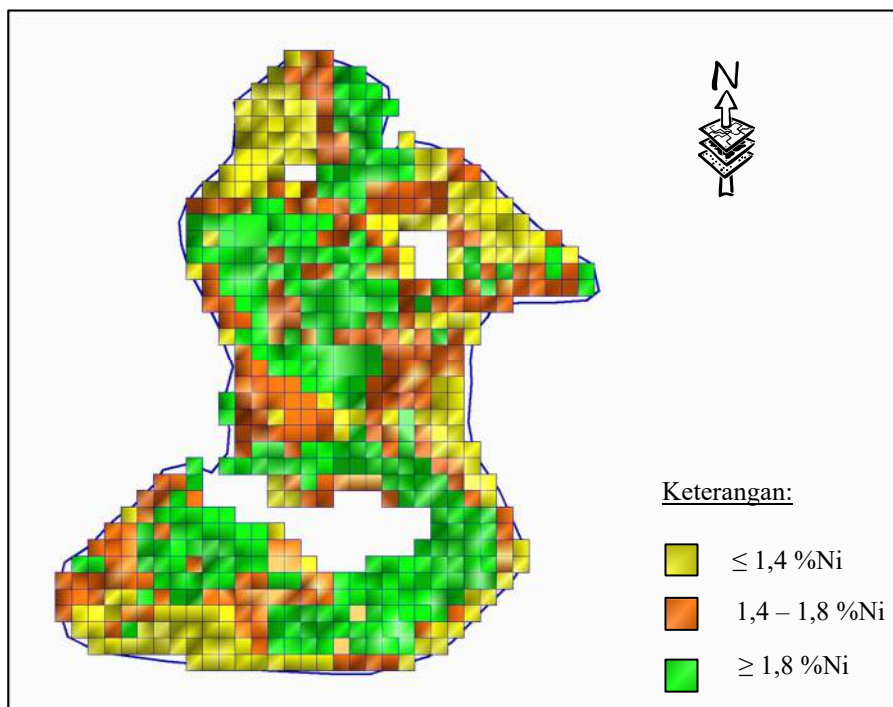
Hasil penentuan *boundary* dengan metode *trial and error* menggunakan *software* Surpac untuk *sequence* yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 1.

Perhitungan COG Sebelum Desain *Pit*

Perhitungan *tonnage* ini diperoleh berdasarkan *block* model yang ada di dalam *boundary* yang telah dibuat sebelumnya. *Block* model yang telah di *boundary* akan dihitung jumlah *tonnagenya* dengan cara *report* material dari *software* Surpac.



Gambar 1. Peta Penentuan *Boundary* pada *Block 1A* PT ASM



Gambar 2. *Block model* yang telah diboundary

Berdasarkan bentuk *boundary* sebelum desain *pit*, dilakukan perhitungan *tonnage* dan COG nikel laterit untuk memastikan *ore* yang masih menguntungkan jika ditambang. Dari hasil *report material* total *tonnage* dan total Ni, maka

akan dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan COG 1,95%. Dengan menggunakan persamaan (1) dihitung nilai COG. *Trial and error* perhitungan COG sebelum desain *pit* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Trial and error* perhitungan COG sebelum desain *pit*



Kadar Nikel Laterit (%)	Kumulatif Tonnage (ton)	Kumulatif Ni (ton)	COG
1,59	157.492	3.051,69	1,94
1,60	156.078	3.029,16	1,94
1,61	153.674	2.990,58	1,94
1,62	151.707	2.958,83	1,94
1,63	149.021	2.915,21	1,95
1,64	146.400	2.872,38	1,96
1,65	144.359	2.838,81	1,97
1,66	141.273	2.787,77	1,97
1,67	138.705	2.745,03	1,98
1,68	136.305	2.704,83	1,98
1,69	134.383	2.672,47	1,99
1,70	130.895	2.613,38	2,00
1,71	127.924	2.562,73	2,00
1,72	125.190	2.515,84	2,01
1,73	121.883	2.458,79	2,02
1,74	118.920	2.407,41	2,02
1,75	115.750	2.352,10	2,03
1,76	112.459	2.294,37	2,04
1,77	109.465	2.241,53	2,05
1,78	106.910	2.196,20	2,05
1,79	104.879	2.159,95	2,06
1,80	102.150	2.110,96	2,07
1,81	997.52	2.067,68	2,07
1,82	974.06	2.025,10	2,08
1,83	941.11	1.965,00	2,09
1,84	918.30	1.923,14	2,09
1,85	892.87	1.876,25	2,10
1,86	871.54	1.836,73	2,11
1,87	855.91	1.807,61	2,11
1,88	834.66	1.767,81	2,12
1,89	814.66	1.730,13	2,12
1,90	783.64	1.671,34	2,13
1,91	755.51	1.617,73	2,14
1,92	735.12	1.578,70	2,15
1,93	709.18	1.528,77	2,16
1,94	674.80	1.462,21	2,17
1,95	658.55	1.430,58	2,17

Dari hasil perhitungan kadar menggunakan metode *trial and error* maka untuk mendapatkan COG 1,95%, kadar yang masih bernilai ekonomis untuk ditambang ialah 1,63%. Pada tabel 3 dapat dilihat juga bahwa *tonnage ore* sudah sesuai

dengan target produksi PT ASM yaitu sebesar 149.021 ton.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Tonnage* Nikel Laterit Sebelum Desain *Pit*

Range	Volume	Tonnes	%Ni Rata-rata
0.0 -> 1.63	53.298	86.922	1,35
1.63 -> 1.9	45.665	70.657	1,76
1.9 -> 3.0	48.965	78.364	2,13
Total ore	94.630	149.021	1,95
Total waste	53.298	86.922	
SR		0,58:1	

Keterangan:  Waste
 Ore

Perhitungan COG setelah desain *pit*

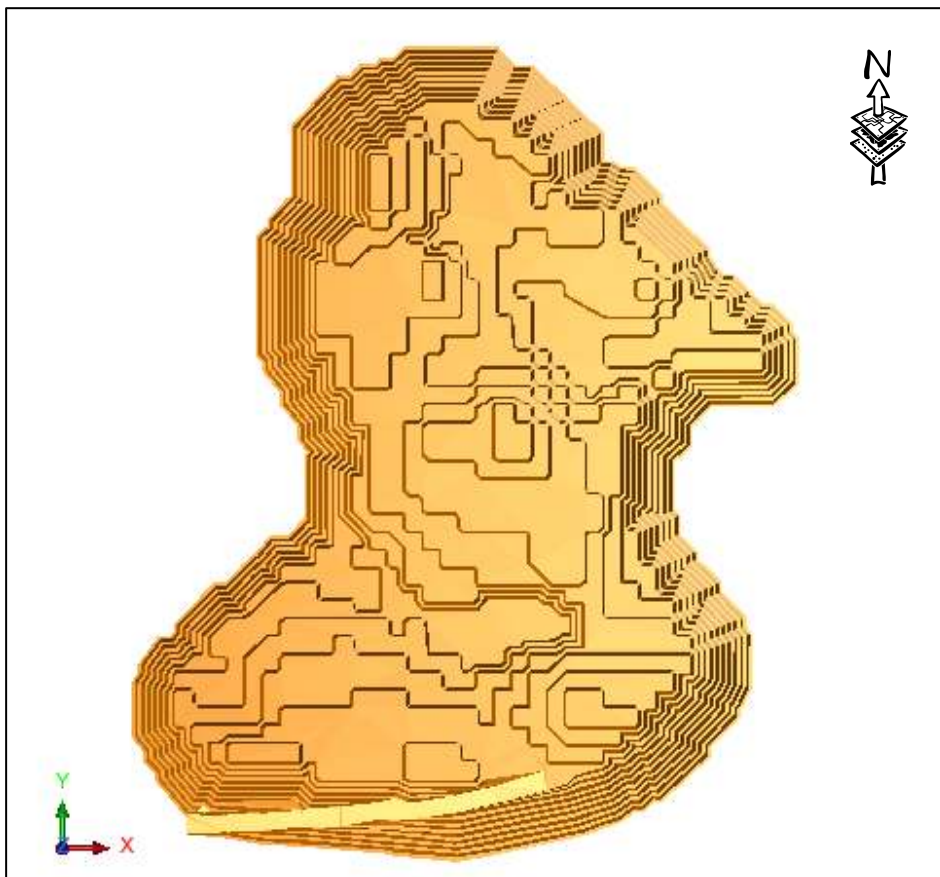
Setelah penentuan *boundary* sudah sesuai dengan target produksi maka selanjutnya akan dibuat desain *pit* untuk mengetahui bentuk, besaran dan volume dari endapan mineral sebelum dilakukan kegiatan penambangan dan untuk memastikan endapan mineral atau *ore body* yang akan ditambang ekonomis atau akan memberikan kerugian bagi perusahaan. Geometri jenjang dan jalan tambang yang direncanakan PT ASM:

Tabel 4. Geometri Jenjang dan Jalan Tambang PT ASM

Parameter	Ukuran
Tinggi jenjang	2 m
Lebar jenjang	1 m
Kemiringan jenjang	60°
Kemiringan jalan	< 15%
Lebar jenjang	6 m

Pit yang didesain akan digunakan sebagai batas dalam perhitungan COG. Jika sebelumnya *boundary* yang merupakan batas dalam perhitungan *tonnage* maka selanjutnya desain *pit* yang akan menjadi batas tersebut mengingat bahwa sebelum dan sesudah *pit* dibuat *tonnage* dan kadar Ni akan berubah karena bentuk keduanya berbeda.

Berdasarkan desain *pit* maka dilakukan perhitungan *tonnage* dan COG nikel laterit untuk memastikan *ore* yang masih menguntungkan jika ditambang. Dari hasil *report* material total *tonnage* dan total Ni, maka akan dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan COG 1,95%.



Gambar 3. Desain Pit Plan View

Trial and error perhitungan COG sebelum desain pit dapat dilihat pada tabel 5.



Tabel 5. Trial and error perhitungan COG setelah desain pit

Kadar Nikel Laterit (%)	Kumulatif Nikel (ton)	Kumulatif Tonnage (ton)	COG
1,55	2.985	153.490	1,94
1,56	2.958	151.750	1,94
1,57	2.926	149.691	1,95
1,58	2.897	147.849	1,96
1,59	2.850	144.921	1,96
1,60	2.835	143.974	1,96
1,61	2.803	141.964	1,97
1,62	2.775	140.241	1,98
1,63	2.738	137.962	1,98
1,64	2.703	135.833	1,99
1,65	2.672	133.938	2,00
1,66	2.640	131.977	2,00
1,67	2.603	129.770	2,01
1,68	2.567	127.616	2,01
1,69	2.541	126.067	2,02
1,70	2.496	123.446	2,02
1,71	2.455	121.020	2,03
1,72	2.415	118.661	2,03

Kadar Nikel Laterit (%)	Kumulatif Nikel (ton)	Kumulatif Tonnage (ton)	COG
1,73	2.369	116.042	2,04
1,74	2.322	113.298	2,05
1,75	2.276	110.687	2,06
1,76	2.230	108.052	2,06
1,77	2.184	105.458	2,07
1,78	2.150	103.552	2,08
1,79	2.121	101.896	2,08
1,80	2.078	99.498	2,09
1,81	2.032	96.943	2,10
1,82	1.999	95.129	2,10
1,83	1.951	92.490	2,11
1,84	1.918	90.707	2,11
1,85	1.886	88.977	2,12
1,86	1.852	87.122	2,13
1,87	1.831	85.997	2,13
1,88	1.792	83.903	2,14
1,89	1.756	82.028	2,14
1,90	1.697	78.926	2,15
1,91	1.652	76.520	2,16
1,92	1.615	74.606	2,16
1,93	1.566	72.075	2,17
1,94	1.504	68.887	2,18
1,95	1.476	67.418	2,19

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Tonnage* Nikel Laterit Sebelum Desain *Pit*

Range	Volume	Tonnes	%Ni Rata-rata
0.0 -> 1,57	49.048	81.414	1,25
1,57 -> 1,9	43.809	70.765	1,74
1,9 -> 3,0	49.317	78.926	2,15
Total ore	93.126	149.691	1,95
Total waste	49.048	81.414	
SR	0,54 : 1		

Keterangan:  Waste
 Ore

Dari hasil perhitungan kadar menggunakan metode *trial and error* maka untuk mendapatkan COG 1,95%, kadar yang masih bernilai ekonomis untuk ditambang ialah 1,57% dengan total *tonnage* sebesar 149.691 ton.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka disimpulkan bahwa:

1. *Boundary* dibentuk berdasarkan target produksi, SR dan COG yang ditentukan perusahaan. Letak dari *boundary* tersebut disesuaikan dengan kemajuan tambang PT ASM. Penentuan *boundary* akan menjadi acuan batas *pit* yang direncanakan.
2. Berdasarkan bentuk *boundary* maka didapat total *tonnage* nikel laterit sebelum *pit* dibentuk adalah sebesar 235.943 ton, dengan total *waste* 86.922 ton, *ore* 149.021 ton, SR 0,58:1 dan kadar terendah endapan nikel laterit yang masih bernilai ekonomis ditambang ialah %Ni \geq 1,63.
3. Pada proses pembuatan *pit*, *boundary* yang sudah dibuat hanya dijadikan acuan bukan batas sesungguhnya dari *pit* yang direncanakan untuk memastikan endapan mineral atau *ore body* yang akan ditambang ekonomis atau akan memberikan kerugian bagi perusahaan. Total *tonnage* nikel laterit setelah dibentuk *pit* sebesar 231.105 ton, dengan total *waste* 81.414 ton, *ore* 149.217 ton, kadar terendah endapan nikel laterit yang masih bernilai ekonomis untuk ditambang ialah %Ni 1,57 dan SR 0,54:1.

DAFTAR PUSTAKA

Hidayat Taufik dkk, (2018), *Desain Pit Compartment Hill Konde South Menggunakan Manual Pit dan Automation Pit Desain di PT Vale Indonesia Tbk*, Jurnal Geomine, pp. 150-156.

Musnajam, (2012), *Optimalisasi Pemanfaatan Bijih Nikel Kadar Rendah dengan Metode Blending di PT ANTAM Tbk. UBPN Sulawesi Tenggara*, Jurnal Teknologi Technoscientia, hal. 213-222.

Notosiswoyo Sudarto dkk, (2005), *Metode Perhitungan Cadangan TE-3231 (Edisi 1)*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Prasetyo Puguh, (2016), *Sumber Daya Mineral Di Indonesia Khususnya Bijih Nikel Laterit dan Masalah Pengolahannya Sehubungan Dengan UU Minerba 2009*, Jurnal Prosiding Semnastek, hal. 1-10.

Prodjosumarto Partanto, (1990), *Tambang Terbuka*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Wahyudi Tatang, dkk, (2013), *Nikel Komponen Lakur Tanah Korosi*, Kementrian Energi dan Sumber daya Mineral Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.

PENGARUH PELAPUKAN TERHADAP REKAHAN BATUAN UTUH MELALUI PENGUJIAN DI LABORATORIUM

Karmila Laitupa

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Email: karmila.laitupa@gmail.com

Abstract

Cracked rock is an indication of instability in underground excavations due to being under high-pressure conditions that causes new cracks to appear by forming cracks in the walls of holes or tunnels. The cracking process can be influenced by environmental conditions around the rock. Therefore, this study aims to analyze the effects of weathering on cracks and other characteristics in intact rock. Petrographic observations indicate differences in the presentation of rock mineral preparation in the six samples. Changes in the preparation of primary rocks are plagioclase minerals (32% -39%) and hornblende minerals (12% -20). While the opaque mineral (3% -5%) as a change from the mineral hornblende, volcanic glass (8% -21%) has partially decayed into clay and plagioclase microlites (17%). The results of the uniaxial compressive strength test suggested that the crack initiation stress value of rock samples KA2, KA3, BT1, BE2, TS2, and TD3 are 22.55 MPa, 35.07 MPa, 20.04 MPa, 50.08 MPa, 34, 92 MPa and 105.22 MPa. The rock strength of the six rock samples is 61.92 MPa, 47.6 MPa, 86.43 MPa, 89.39 MPa, 88.54 MPa, and 120.25 MPa, respectively. The results also showed a tendency to increase fracture initial stress (crack initiation) along with the increase in uniaxial compressive strength values. the stronger the pressure of the withstanding test, the greater the initial stress of the crack (crack initiation). This is caused by weathering which can reduce the elasticity of rocks that increases surface tension.

Keywords: Cracks, weathering, Uniaxial Compressive Strength (UCS)

Abstrak

Rekahan batuan merupakan salah satu gejala ketidakstabilan dalam penggalian bawah tanah karena dalam kondisi tegangan yang tinggi menyebabkan rekahan baru berkembang oleh pembentukan pecahan di dinding lubang bukaan atau terowongan. Proses rekahan dapat terpengaruh oleh kondisi lingkungan sekitar batuan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pelapukan terhadap rekahan dan karakteristik lainnya pada batuan utuh. Hasil pengamatan petrografi menunjukkan adanya perbedaan presentase penyusunan mineral batuan pada keenam sampel. Perubahan penyusunan batuan primer yaitu mineral plagioklas (32%-39%) dan mineral horblende (12%-20). Sedangkan mineral opak (3%-5%) sebagai ubahan dari mineral horblende, gelas volkanik (8%-21%) sebagian telah lapuk menjadi lempung dan mikrolit plagioklas (17%). Pada hasil uji kuat tekan uniaksial nilai tegangan awal rekahan (crack initiation) sampel batuan KA2, KA3, BT1, BE2, TS2 dan TD3 yaitu 22,55 MPa, 35,07 MPa, 20,04 MPa, 50,08 MPa, 34,92 MPa dan 105,22 MPa. Kekuatan batuan dari ke enam sampel batuan yaitu 61,92 MPa, 47,6 MPa, 86,43 MPa, 89,39 MPa, 88,54 MPa dan 120,25 MPa. Hasil penelitian menunjukkan kecenderungan meningkatnya tegangan awal rekahan (crack initiation) seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan uniaksial. Semakin kuat tekan uji menahan tekanan maka semakin besar tegangan awal rekahan (crack initiation) yang dimiliki. Hal ini disebabkan oleh pelapukan yang dapat mengurangi elastisitas batuan yang meningkatkan tegangan permukaan.

Kata Kunci: Rekahan, pelapukan, kuat tekan uniaksial (UCS)

PENDAHULUAN

Keruntuhan getas (*brittle*) pada batuan selalu mendapat perhatian di berbagai bidang mekanika batuan seperti stabilitas dalam penggalian bawah tanah. Bidang keruntuhan dalam massa batuan atau batuan utuh adalah hasil dari awal rekahan kecil. Pada skala mikroskopis, rekahan kecil ini pertama kali terbentuk di sepanjang batas butir kristal yang pecah pada pembebanan yang diterapkan.

Perambatan rekahan terjadi pada cacat kecil yang sudah ada atau baru membesar dan menyebar, disebut Griffith *cracks*. Konsentrasi tegangan disepanjang cacat ini akan menyebabkan awal rekahan dan merambat dalam materi. Cacat ini disajikan dalam bentuk cacat mineralogi kecil seperti pembelahan batas butir atau porositas.

Faktor yang mempengaruhi proses rekahan batuan adalah karakteristik batuan utuh berupa bobot isi, porositas, mineralogi, dan kekuatan batuan. Mineral penyusun batuan memiliki kerentanan terhadap pelapukan yang berkaitan dengan kondisi iklim. Menurut Carrol, pelapukan batuan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat. Iklim yang lembab dan basah pada wilayah tropis dapat memaksimalkan kinerja pelapukan. Massa batuan yang retak mengalami pelapukan yang lebih intens, disebabkan oleh infiltrasi air hujan yang masuk ke dalam tubuh batuan. Air hujan yang masuk kemudian mengalami kontak langsung dengan mineral penyusun batuan. Mineral yang mudah mengalami degradasi akan mudah merubah karakteristik batuan menjadi lebih berpori, butiran mineral individu lebih lemah dan ikatan antar butir menjadi hilang yang pada akhirnya menyebabkan batuan menjadi lebih lemah.

Mineral plagioklas, biotit dan hornblend pada umumnya merupakan mineral yang paling mudah mengalami degradasi. Mineral yang mudah mengalami degradasi akan mudah merubah karakteristik batuan menjadi lebih berpori, butiran mineral individu lebih lemah dan ikatan antar butir menjadi hilang.

Penelitian terkait pengaruh pelapukan pada sifat rekayasa batuan dan massa batuan oleh Borrelli dan Calcaterra & Parise mengungkapkan bahwa pelapukan mengakibatkan degradasi dan perubahan mineralogi pada batuan.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pelapukan terhadap karakteristik batuan utuh andesit dengan uji kuat tekan uniaksial dan uji mikroskopis.

METODE PENELITIAN

Kajian Pustaka

Mencari referensi yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan. Referensi ini diperoleh dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs-situs yang ada di internet. Referensi ini berisikan tentang :

1. Dampak ketidakstabilan yang disebabkan oleh pelapukan.
2. Mekanisme keruntuhan batuan getas.
3. Metode pengukuran *crack initiation*.
4. Karakteristik batuan yang mengatur *crack initiation*.
5. Proses pelapukan.

Pengumpulan Data

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data dari lapangan dan laboratorium :

1. Pengambilan sampel batuan andesit dalam bentuk bongkahan dari lapangan.
2. Preparasi sampel batuan, sesuai dengan standar ISRM (*International Society Of Rock Mechanics*).
3. Uji sifat fisik dilakukan setelah preparasi sampel selesai.
4. Uji kuat tekan uniaksial bertujuan untuk mendapatkan parameter mekanika batuan yaitu kuat tekan uniaksial, Modulus Young (E), nisbah Poisson (ν) dan kurva tegangan regangan.
5. Pengujian sifat mineralogi batuan (sayatan tipis petrografi).

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data menggunakan pendekatan karakteristik massa batuan, metode tegangan *crack initiation* dan analisis mikroskopis. Karakteristik massa batuan yaitu kekuatan batuan utuh dan deformasi batuan utuh, dipengaruhi oleh bobot isi, porositas dan kandungan mineral. Perubahan karakteristik batuan utuh ini perlu dianalisis karena dapat menyebabkan timbulnya rekahan. Metode *crack initiation* adalah metode yang digunakan untuk menganalisis tingkat tegangan terjadinya rekahan mikro. Analisis mikroskopis memberikan informasi tentang perubahan mineral penyusun batuan, tekstur dan ukuran butiran yang mempengaruhi karakteristik batuan utuh.

DASAR TEORI

Mekanisme Pembentukan Rekahan

Pemahaman tentang rekahan getas berkaitan dengan kekuatan batuan dan karakteristik

deformasi batuan adalah bagian mendasar dari setiap penelitian mekanika batuan.

Penerapan mekanika *fracture* pada bidang mekanika batuan berdasarkan pengembangan ekstensional rekahan dari teori Griffith yang berkaitan dengan penyebaran rekahan (*crack*). Hal ini sangat membantu dalam memahami deskripsi kuantitatif tentang deformasi batuan utuh menjadi *fracture* oleh pertumbuhan *crack*, akibat pembebanan dan pengaruh lingkungan seperti aliran air dan temperatur sehingga kondisi propagasi rekahan meningkat.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Rekahan (Pecahan)

Bobot isi dan porositas

Bobot isi merupakan salah satu sifat fisik batuan dan karakteristik dasar yang mempengaruhi perilaku batuan.

Kandungan Air

Kandungan air dalam batuan dapat mengubah tegangan awal rekahan (*crack initiation*). Hal ini karena keberadaan air pada permukaan internal batuan menghasilkan kelelahan statis yang berkaitan dengan perubahan energi permukaan atau energi rekahan, tegangan korosi dan modifikasi ikatan ukuran butir.

Komposisi Mineral

Permulaan dan perluasan rekahan pada batu kristal berkaitan dengan komposisi mineralogi.

Temperatur

Temperatur secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi kekuatan dan deformabilitas batuan. Salah satu pengaruh dari perubahan temperatur adalah perubahan kesetimbangan kadar air (*adsorbed water*) yang efek mekanisnya menjadikan regangan termal diferensial efektif dalam butir konstituen mengalami rekahan sebagai perpindahan antar granular dan regangan intra granular.

Pelapukan

Pelapukan adalah proses perubahan komposisi mineral dan pemecahan material yang bersifat mekanis, kimiawi dan biologis^[7]. Pelapukan tergantung pada kondisi klim, air tanah dan temperatur yang menyebabkan perubahan dalam karakteristik massa batuan.

Karakteristik Batuan

Sifat Fisik Batuan

Setelah preparasi selesai, dilakukan penimbangan sampel batuan:

1. Berat sampel asli/natural (gram) : W_n
2. Berat sampel kering/sesudah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur kurang lebih 90°C (gram) : W_o
3. Berat sampel jenuh/sesudah dijenuhkan dengan air selama 24 jam (gram) : W_w
4. Berat sampel jenuh yang tergantung didalam air (gram) : W_s
5. Volume sampel tanpa pori-pori (cm^3) : $W_o - W_s$
6. Volume sampel total (cm^3) $W_w - W_s$

Dari penimbangan berat sampel batuan kemudian dilakukan perhitungan sifat fisik untuk kepentingan penelitian geoteknik yaitu,

1. Bobot isi

Bobot isi merupakan perbandingan antara massa batuan terhadap volume total batuan tersebut. Bobot isi dibedakan menjadi tiga yaitu,

- a. Bobot isi asli (*natural density*) menyatakan perbandingan antara massa batuan pada kondisi natural terhadap volume total batuan.

$$\text{Bobot isi asli} = \frac{W_n}{W_w - W_s} \quad (1)$$

- b. Bobot isi kering (*dry density*) menyatakan perbandingan antara massa batuan pada kondisi kering terhadap volume total batuan.

$$\text{Bobot isi kering} = \frac{W_o}{W_w - W_s} \quad (2)$$

- c. Bobot isi jenuh (*saturated density*) menyatakan perbandingan antara massa batuan pada kondisi jenuh terhadap volume total batuan.

$$\text{Bobot isi jenuh} = \frac{W_w}{W_w - W_s} \quad (3)$$

2. Berat jenis

Berat jenis merupakan perbandingan antara bobot isi padatan pada batuan dengan bobot isi air yang dapat menyatakan seberapa berat batuan apabila dibandingkan dengan air. Berat jenis dibedakan menjadi 2 yaitu:

- a. Berat jenis asli (*True specific gravity*) menyatakan berat jenis sebenarnya dari batuan karena merupakan perbandingan antara bobot isi padatan pada batuan dengan bobot isi air.

$$\text{BJ asli} = \left\{ \frac{W_o}{W_o - W_s} \right\} : \text{bobot isi air} \quad (4)$$

- b. Berat jenis semu (*Apperent specific gravity*) merupakan perbandingan antara bobot isi batuan pada kondisi kering dengan bobot air. Berat jenis semu serupa dengan bobot isi kering batuan.

$$BJ \text{ semu} = \left\{ \frac{W_o}{W_w - W_s} \right\} : \text{bobot isi air} \quad (5)$$

3. Kadar air

Merupakan perbandingan antara massa dalam batuan dengan massa total batuan. Kadar air dibedakan menjadi 2 yaitu,

- a. Kadar air asli (*natural water content*) merupakan perbandingan antara massa air pada kondisi batuan natural terhadap massa padatan dalam batuan.

$$\text{Kadar air asli} = \left\{ \frac{W_n - W_o}{W_o} \right\} \times 100\% \quad (6)$$

- b. Kadar air jenuh (*absorption*) merupakan perbandingan antara massa air pada kondisi jenuh terhadap massa padatan dalam batuan.

$$\text{Kadar air jenuh} = \left\{ \frac{W_w - W_o}{W_o} \right\} \times 100\% \quad (7)$$

4. Derajat kejenuhan

Merupakan perbandingan antara kadar air natural dengan kadar air jenuh. Hal ini menyatakan seberapa banyak air yang terkandung dalam batuan natural jika dibandingkan dengan jumlah maksimal air yang dapat mengisi batuan.

$$\text{Derajat kejenuhan} = \left\{ \frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \right\} \times 100\% \quad (8)$$

5. Porositas

Porositas merupakan perbandingan antara volume pori yang ada pada batuan terhadap volume total batuan.

$$\text{Porositas} = \left\{ \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \right\} \times 100\% \quad (9)$$

6. Angka pori (*void ratio, e*)

Merupakan perbandingan antara volume pori yang ada dalam batuan terhadap volume padatan dalam batuan.

$$\text{Angka pori (*void ratio, e*)} = \frac{n}{1-n} \quad (10)$$

Kuat Tekan Uniaksial (UCS)

Salah satu pengujian sifat mekanik yang umum digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan pengembangan awal rekahan di laboratorium yaitu uji kuat tekan uniaksial. Uji kuat tekan uniaksial merupakan pengujian sifat mekanik bersifat *destructive test*. Tujuan pengujian ini untuk

mengetahui kekuatan batuan dan deformasi atau karakterisasi batuan utuh. Dari hasil pengujian ini didapat nilai kuat tekan uniaksial (σ_c), kurva tegangan-regangan, nilai awal rekahan (CI), Modulus Young (E) dan Nisbah Poisson (ν).

1. Nilai Kuat Tekan Uniaksial (σ_c)

Tujuan uji kuat tekan uniaksial adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari contoh batuan.

Gambaran dari nilai tegangan maksimum yang dapat ditanggung sebuah conto batuan sesaat sebelum conto batuan hancur (*failure*) didefinisikan sebagai kuat tekan uniaksial batuan dan dinyatakan dengan persamaan,

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (11)$$

Keterangan:

σ_c = Kuat tekan uniaksial batuan (MPa)

F = Gaya yang bekerja pada saat contoh batuan runtuh (N)

A = Luas penampang contoh batuan (m²)

2. Hubungan Tegangan dan Regangan

Hubungan tegangan regangan adalah hubungan yang terjadi ketika muncul tegangan regangan pada material saat menerima beban. Hubungan ini dapat digambarkan dalam suatu kurva yaitu kurva tegangan regangan atau perilaku konstitutif yang diperoleh dari uji kuat tekan uniaksial : pengukuran beban, perpindahan aksial dan lateral dengan memperhitungkan luas kontak dan panjang contoh batuan.

3. Modulus Young (E)

Modulus Young atau modulus elastisitas adalah kemampuan batuan untuk mempertahankan kondisi elastisnya.

Modulus Young dihitung dari perbandingan antara tegangan aksial dan regangan aksial dan ditentukan berdasarkan persamaan,

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon\alpha} \quad (12)$$

Keterangan:

E = Modulus Young (MPa)

$\Delta\sigma$ = Perubahan tegangan (MPa)

$\Delta\epsilon\alpha$ = Perubahan regangan aksial (%)

4. Nisbah Poisson (ν)

Nisbah Poisson adalah perbandingan antara regangan lateral terhadap regangan aksial. Nisbah Poisson menunjukkan adanya perpanjangan ke arah lateral akibat adanya

tegangan dalam arah aksial. Nisbah Poisson dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\nu = \frac{\epsilon_{lateral}}{\epsilon_{aksial}} \quad (13)$$

Keterangan:

ν = Nisbah Poisson

$\epsilon_{lateral}$ = Regangan lateral (mm)

ϵ_{aksial} = Regangan aksial (mm)

5. Metode Awal Rekahan (*Crack Initiation*)

Dalam penelitian ini digunakan metode regangan lateral dan regangan volumetrik untuk menentukan awal rekahan (*crack initiation*) selama pembebanan uji kuat tekan uniaksial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan

Sifat fisik batuan merupakan karakteristik dasar yang mempengaruhi perilaku batuan. Pengujian sifat fisik ini untuk menentukan nilai porositas dan bobot isi batuan. Hasil uji sifat fisik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik Batuan

Parameter	Kode Sampel Batuan					
	KA1	KA3	BT1	BE2	TS2	TD3
Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	2,16	3,24	2,31	2,16	2,12	2,33
Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	2,25	3,34	2,38	2,23	2,2	2,43
Bobot Isi Kering (gr/cm ³)	2,07	3,13	2,29	2,11	2,07	2,29
Kadar Air Asli (%)	4,37	2,69	0,7	2,47	2,68	1,39
Kadar Air Januh (%)	0,66	5,51	3,72	5,56	6,53	5,55
Derajat Kejenuhan (%)	50,88	40,67	17,9	39,33	36,7	20,5
Porositas (%)	17,68	20,94	8,49	11,59	12,3	11,5
Void Ratio	0,22	0,29	0,09	0,13	0,15	0,14

Uji kuat tekan uniaksial dilakukan guna memperoleh kekuatan batuan utuh, Modulus Young (E), Nisbah Poisson (ν) dan nilai awal rekahan (CI).

Sampel yang digunakan adalah andesit, diperoleh dari Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. Preparasi sampel diambil dalam

bentuk bongkahan dari lapangan yang kemudian dilakukan *coring*, pemotongan dan penghalusan berbentuk silinder sebanyak enam sampel dengan L/D = 9cm/4,5cm. Hasil uji kuat tekan uniaksial menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan, Modulus Young, Nisbah Poisson dan nilai awal rekahan pada sampel uji. Perbedaan nilai ini disebabkan oleh kondisi fisik pelapukan yang berbeda.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial

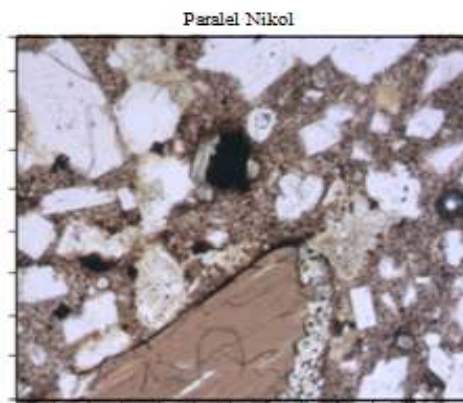
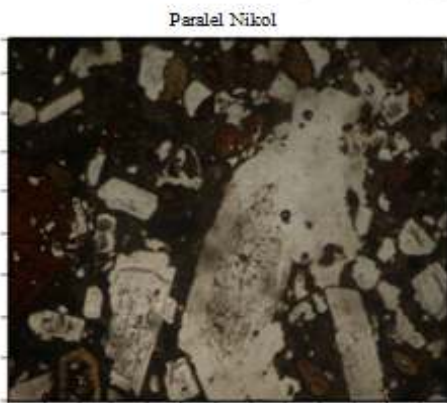
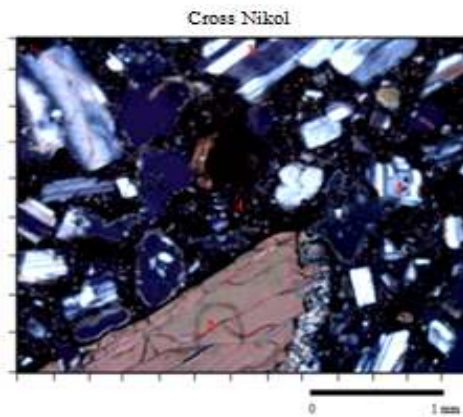
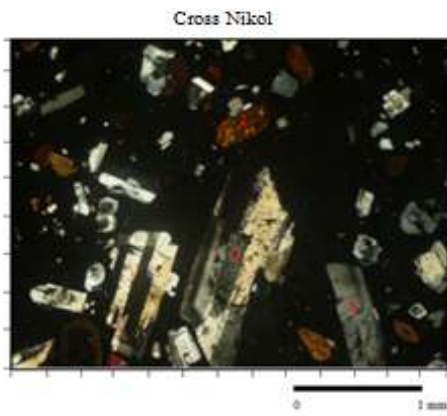
Kode Sampel	Kuat Tekan Uniaxial (MPa)	Modulus Young (GPa)	Poisson Ratio	Batas Elastis (MPa)	CI
KA2	61,92	3,03	0,28	32,86	22,55
KA3	47,6	5,69	0,3	37,58	35,07
BT1	86,43	4,58	0,29	45,09	20,04
BE2	89,39	11,36	0,29	24,83	50,08
TS2	88,54	11,35	0,14	49,39	34,92
TD3	120,25	8,05	0,17	80,17	105,22

Uji Sayatan Tipis Petrografi

Hasil analisa petrografi pada sampel KA2 (lihat Gambar 1) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular hipokristalin, berukuran 0,08mm-2,2mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (39%), piroksen (12%), Hornblende (19%), feldspar (8%), kuarsa (6%), mineral opak (4%) ubahan dari hornblende, dan gelas vulkanik (18%). Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).

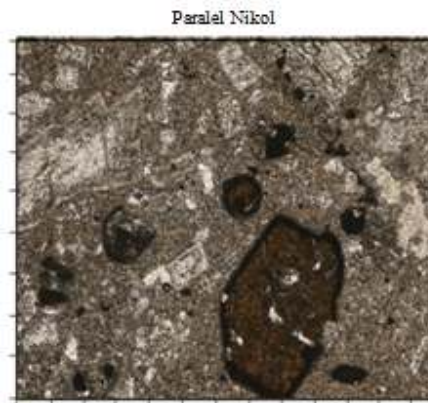
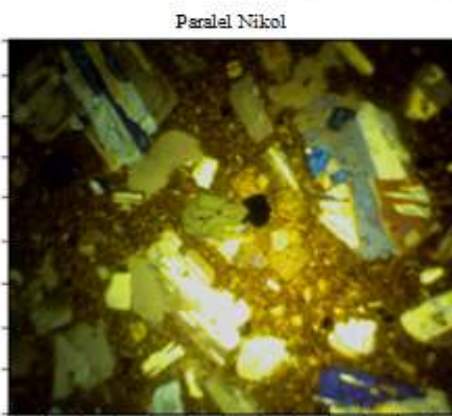
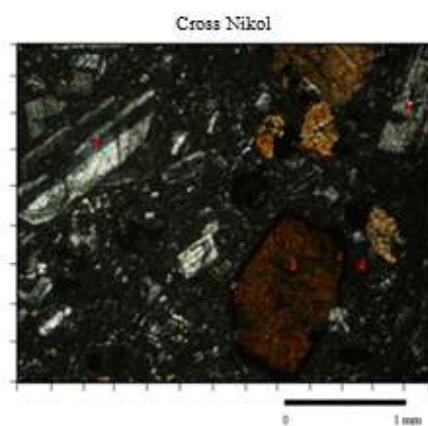
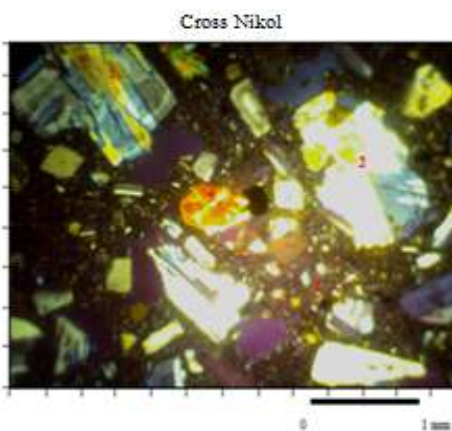
Hasil analisa petrografi pada sampel KA3 (lihat Gambar 2) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiritik, berukuran 0,08mm-1,7mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (32%), piroksen (16%), Hornblende (12%), feldspar 6%), kuarsa (4%), mineral opak (4%), dan gelas vulkanik (8%). Nama batuan adalah andesit (William,1982).

Hasil analisa petrografi pada sampel BT1 (lihat Gambar 3) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiritik, berukuran 0,08mm-2,2mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (34%), piroksen (12%), Hornblende (14%), feldspar 8%), kuarsa (4%), mineral opak (3%), mikrolit plagioklas (17%) dan gelas vulkanik (8%). Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).



Gambar 1. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel KA2

Gambar 3. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel BT1

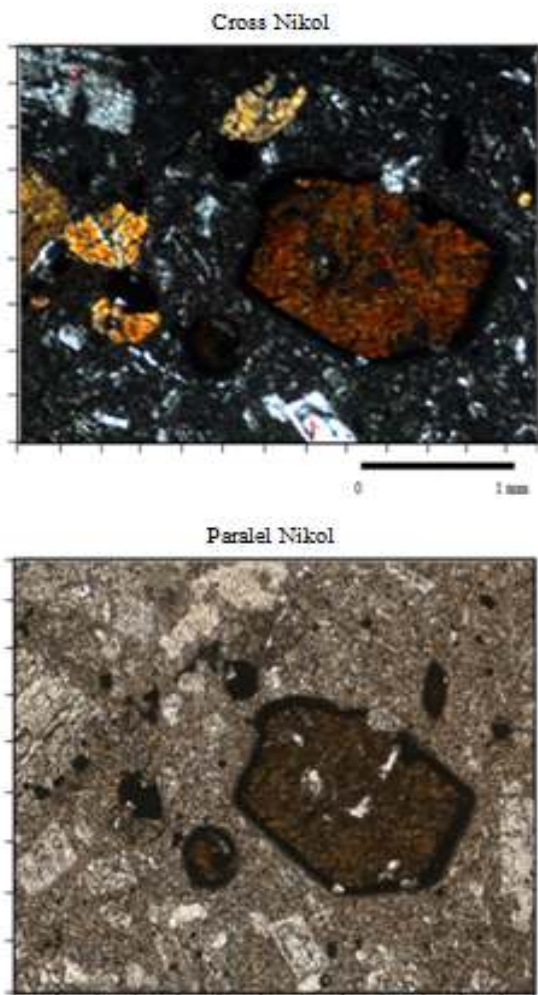


Gambar 2. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel KA3

Gambar 4. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel BE2

Hasil analisa petrografi pada sampel BE2 (lihat Gambar 4) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiroafanitik, berukuran 0,1mm-1,8mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (32%), piroksen (12%), Hornblende (18%), feldspar 8%), kuarsa (7%), mineral opak (2%), dan gelas volkanik (21%). Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).

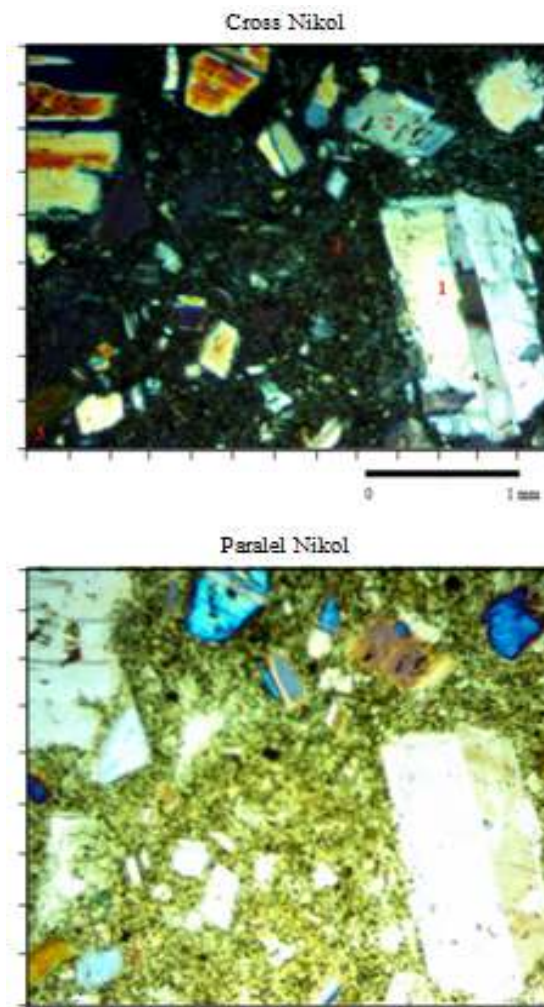
Hasil analisa petrografi pada sampel TS2 (lihat Gambar 5) memperlihatkan sayatan berwarna abu-abu kehitaman, tekstur inequigranular porfiroafanitik, berukuran 0,08mm-2mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (33%), piroksen (8%), Hornblende (20%), kuarsa (4%), mineral opak 5%), dan gelas volkanik (20%) telah lapuk menjadi lempung. Nama batuan adalah hornblende andesit (William,1982).



Gambar 5. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel TS2

Hasil analisa petrografi pada sampel TD3 (lihat Gambar 6) memperlihatkan sayatan berwarna

abu-abu keciklatan, tekstur inequigranular porfiroafanitik, berukuran 0,08mm-1,8mm, bentuk anhedral-subhedral, fenokris terdiri dari plagioklas (37%), piroksen (8%), Hornblende (16%), kuarsa (4%), mineral opak (5%), dan gelas volkanik (10%). Nama batuan adalah andesit (William,1982).



Gambar 6. Sayatan Petrografi Nikol Sejajar dan Nikol Silang Pada Sampel TD3

Analisa Mikroskopis

Analisa yang digunakan dalam pengamatan mikroskopik adalah analisa petrografi yang terdiri dari pengamatan mineral primer, sekunder atau ubahan mineral. Hasil pengamatan petrografi menunjukkan adanya perbedaan presentasi penyusunan mineral batuan pada keenam sampel. Perubahan penyusunan batuan primer yaitu mineral plagioklas (32%-39%) dan mineral horblende (12%-20). Sedangkan mineral opak (3%-5%) sebagai ubahan dari mineral horblende, gelas volkanik (8%-21%) sebagian telah lapuk menjadi lempung dan mikrolit plagioklas (17%).

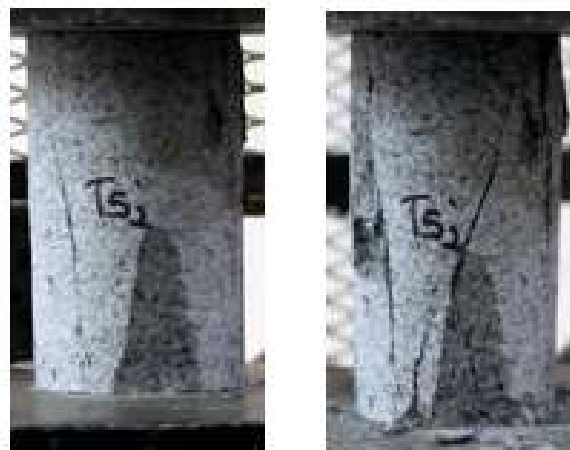
Pengaruh Pelapukan Terhadap Rekahan Batuan Utuh

Analisa pengaruh pelapukan terhadap rekahan batuan utuh dilakukan dengan melihat kecenderungan data perubahan penyusun mineral pada masing-masing sampel. Rekahan batuan utuh yang dianalisis meliputi karakteristik batuan yaitu sifat fisik dan sifat mekanik batuan terdiri dari bobot isi, porositas, kekuatan batuan, rekahan awal batuan, Modulus Young dan Nisbah Poisson.

Dari hasil Pengujian kuat tekan uniaksial pada setiap sampel batuan dengan presentase penyusun mineral yang berbeda menghasilkan deformasi batuan yang berbeda-beda pula. Ketika batuan terdeformasi maka batuan mengalami regangan. Regangan akan merubah bentuk, ukuran atau volume dari suatu batuan. Peningkatan pembebanan uji kuat tekan uniaksial terhadap sampel batuan mengakibatkan terbentuknya rekahan mikro yang sejajar dengan tegangan utama kemudian hancur atau runtuh disertai pelepasan energi secara tiba-tiba. Deformasi saat pengujian kuat tekan uniaksial menunjukkan hubungan tegangan regangan untuk sampel batuan dengan jumlah presentase penyusun mineral sekunder yang lebih tinggi memiliki nilai regangan yang lebih besar dibandingkan sampel batuan dengan presentasi penyusun mineral yang lebih rendah. Sedangkan pada sampel batuan dengan presentase penyusun mineral yang lebih rendah memiliki nilai tegangan yang lebih besar dibanding pada sampel batuan dengan jumlah presentase penyusun mineral yang tinggi.

Tabel 2, menunjukkan sampel batuan BE2 dan TS2 memiliki nilai Modulus Young paling besar yaitu 11,36 GPa dan 11,35 GPa. Pada sampel ini memiliki presentase mineral opak yang lebih rendah (Gambar 4 dan Gambar 5). Nilai Modulus Young pada sampel batuan KA2, KA3, BT1 dan TD3 sebesar 3,03 GPa, 5,69 GPa, 4,58 GPa dan 8,05 GPa memiliki presentase mineral opak yang lebih besar. Besarnya nilai Modulus Young dipengaruhi oleh tegangan yang mampu diterima serta regangan yang terjadi akibat tegangan tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan kecenderungan meningkatnya tegangan awal rekahan (*crack initiation*) seiring dengan meningkatnya nilai kuat tekan uniaksial. Dari Tabel 2, dapat dinyatakan bahwa semakin kuat tekan uji menahan tekanan maka semakin besar tegangan awal rekahan (*crack initiation*) yang dimiliki. Hal ini disebabkan oleh pelapukan yang dapat mengurangi elastis batuan yang meningkatkan tegangan permukaan.



Gambar 7. Bentuk Rekahan Pada Sampel Batuan TS1



Gambar 8. Bentuk Rekahan Pada Sampel Batuan TD3

Hasil pengujian sifat fisik (lihat Tabel 2) menunjukkan bahwa bobot isi batuan berupa bobot isi asli, bobot isi kering dan bobot isi jenuh nilainya cenderung menurun seiring meningkatnya pelapukan. hubungan antara bobot isi asli dan porositas memperlihatkan adanya kecenderungan data nilai porositas meningkat seiring meningkatnya pelapukan yang diakibatkan oleh degradasi dan perubahan mineralogi pada batuan.

Hasil pengujian dilaboratorium menunjukkan pelapukan berperan penting terhadap perubahan nilai tegangan awal rekahan batuan utuh dan kekuatan batuan. Semakin tinggi pelapukan maka nilai kekuatan batuan dan nilai tegangan awal rekahan semakin kecil.

KESIMPULAN

Pelapukan akibat degradasi dan perubahan mineralogi pada sampel batuan utuh memberikan dampak terhadap karakteristik batuan utuh. Hal ini

ditunjukkan pada perubahan nilai bobot isi, porositas, kekuatan batuan, rekahan awal batuan, Modulus Young dan Nisbah Poisson menurun seiring meningkatnya pelapukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Borrelli, L., Greco, R., & Gulla, G., 2007, *Weathering Grade of Rock Masses as a Predisposing Factor to Slope Instabilities: Reconnaissance and control procedures*, Geomorphology, Vol 87, Page 158–175
- Calcaterra, D., Parise, M., 2010, *Weathering as a Predisposing Factor to Slope Movements*, Geol Soc London, Vol 23, Page 105–130.
- Carroll, D., 1970, *Rock Weathering*, Plenum Press, New York-London.
- Hawkes, I., Mellor, M., 1969. *Uniaxial Testing In Rock Mechanics Laboratories*. Engineering Geology-Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Netherland, 177-285.
- Jacobsso, L., dkk. 2018. *Spalling Initiation Experiments On Large Hard Rock Cores*. Urban Akesson, Swedish Transport Administration.
- Momeni, A.A., Khanlari, G.R., Heidari, M., Sepahi, A.A., & Bazvand, E., 2015, *New Engineering Geological Weathering Classifications for Granitoid Rocks*, Engineering Geology, 185, 43-51.
- Price, D. G., 1995. *Weathering and Weathering Processes*. Quarterly Journal of Engineering Geology, 28, 243-252.

RANCANGAN SETLING POND TERHADAP LAJU ENDAPAN SEDIMEN PADA AREA ARAFAH DAN WASTE DUMP PADA FRONT PENAMBANGAN PT. GAG NIKEL KAB. RAJA AMPAT PROVINSI PAPUA BARAT

Nofriyanto Towansiba¹⁾, Yulius G. Pangkung²⁾

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua

Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari

Email: ¹⁾Nofriyantotowansiba378@gmail.com, ²⁾yulius.pangkung@yahoo.co.id

Abstract

It is very important to understand the design of the mine drainage system that related to the maximum rainfall each year, the extent of the catchment area, rainwater runoff discharge, sedimentation speed, open channel dimensions and sedimentation pond dimensions. The company has problems that relate to the catchment area, limited rainfall, sedimentation speed, sedimentation pond and open channel dimension, thus the research was conducted. The results of the research were as follow the extent of the Arafah rain catchment area is 103.810,009 m², while waste dump I is 256,901 m², and waste dump II is 327.172,506 m². Runoff discharge at Arafah is 0,763 m³/second, while waste dump I is 1,889 m³/second, and waste dump II is 2,405 m³/second. Sedimentation speed compressed 0,000365 m/s. Dimension of Arafah settling ponds is 2.091,063 m², while waste dump I is 5.174, 822 m², and waste dump II is 6590,295 m². For sump dimensions are 2 m depth, 56,42 m length and 26,40 m width with a volume of 2450,444 m³.

Keywords: *Drainage, Runoff, Channels, settling ponds*

Abstrak

Sangat penting untuk mengetahui desain sistem penyaliran tambang di mana hal ini berkaitan dengan curah hujan maksimum setiap tahun, luasan daerah tangkapan hujan, debit limpasan, kecepatan pengendapan, dimensi saluran terbuka dan dimensi kolam pengendapan. Masalah yang dihadapi perusahaan adalah terkait luasan daerah tangkapan hujan, kecepatan pengendapan, dimensi kolam pengendapan dan saluran terbuka. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh luasan pada daerah tangkapan hujan Arafah adalah 103.810,009 m², waste dump I adalah 256,901 m², waste dump II adalah 327.172,506 m². Debit limpasan pada area Arafah adalah 0,763 m³/detik, waste dump I adalah 1,889 m³/detik, waste dump II adalah 2,405 m³/detik. Kecepatan pengendapan didapatkan sebesar 0,000365 m/detik. Dimensi kolam pengendapan area Arafah adalah 2.091,063 m², waste dump I adalah 5.174, 822 m², waste dump II adalah 6.590, 295 m². Untuk dimensi sump dengan kedalaman 2 m, panjang 56,41 m dan lebar 26,40 m dengan volume 2450,448 m³.

Kata kunci: Penyaliran, Limpasan, Saluran, kolam pengendapan

PENDAHULUAN

Provinsi Papua Barat merupakan daerah yang memiliki sumber daya alam yang dapat diperbaharui salah satu contohnya PT. Gag Nikel yang bergerak dibidang pertambangan nikel laterit. Saat ini PT. Gag Nikel beroperasi di Kabupaten Raja Ampat Distrik Waigeo Barat Kepulauan tepatnya di pulau Gag dengan memiliki ijin pertambangan berupa kontrak karya (KK) dan menerapkan sistem tambang terbuka dengan metode *open cast/open cut*.

Sistem penambangan terbuka yang diterapkan PT. Gag Nikel tidak terlepas dari masalah air yang mengganggu aktivitas penambangan. Oleh karena itu, perlu adanya strategi khusus penanganan air guna mendukung berjalanya kegiatan penambangan secara lebih efektif dan efisien. Ada beberapa parameter hidrologi yang harus diperhatikan seperti curah hujan, penguapan, infiltrasi dan air limpasan (*run off*). Hal ini sangat penting untuk dipertimbangkan dan merupakan parameter-parameter yang sangat mendasar dalam mendesain suatu rancangan sistem penirisan tambang seperti luas daerah tangkapan hujan, saluran penyaliran, dimensi *setling pond*, dan kecepatan pengendapan sedimen

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif. Penelitian dimulai dengan observasi lapangan untuk mendapatkan data primer, kemudian dilanjutkan dengan mencari data sekunder dan studi pustaka untuk dilakukan analisis dari data dan teori yang ada. Data yang telah terkumpul diolah dengan cara matematis. Setelah, itu akan didapat korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu melalui pengumpulan data primer yang diperoleh langsung saat penelitian, dan data sekunder yang diperoleh dari arsip perusahaan serta literatur.

Metode Analisis Data

Analisis dalam penelitian ini difokuskan pada desain dimensi sarana penyaliran tambang yang meliputi, daerah tangkapan hujan, saluran terbuka, kecepatan pengendapan dan luasan *setling pond*.

Analisis curah hujan rencana menggunakan metode distribusi probabilitas *Gummbel*. Besarnya debit limpasan air hujan pada area arafah dan *waste dam* di tentukan dengan rumus rasional.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Keterangan Q adalah debit limpasan (m^3/jam), C koefisien limpasan, I intensitas curah hujan (mm/jam), dan A merupakan luas daerah tangkapan hujan (Ha) Besarnya nilai intensitas curah hujan (I) ditentukan menggunakan rumus *mononobe*.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

Keterangan I adalah intensitas curah hujan (mm/jam), R_{24} curah hujan maximum harian (mm), dan t adalah lama waktu lama durasi hujan (jam).

Dimensi dan volume kolam pengendapan dapat ditentukan berdasarkan kecepatan pengendapan material di hiyung dengan menggunakan persamaan stokes.

$$V = \frac{g \cdot D^2 \cdot (\rho_p - \rho_a)}{18\mu} \quad (3)$$

Keterangan V kecepatan pengendapan partikel ($m/detik$) g percepatan gravitasi ($m/detik$) ρ_p berat jenis partikel padatan (kg/m^3) ρ_a berat jenis air (kg/m^3) μ kekentalan dinamik air ($kg/mdtk$) D diameter partikel padatan.

Sedangkan untuk menentukan saluran terbuka berbentuk trapesium menggunakan persamaan *manning*.

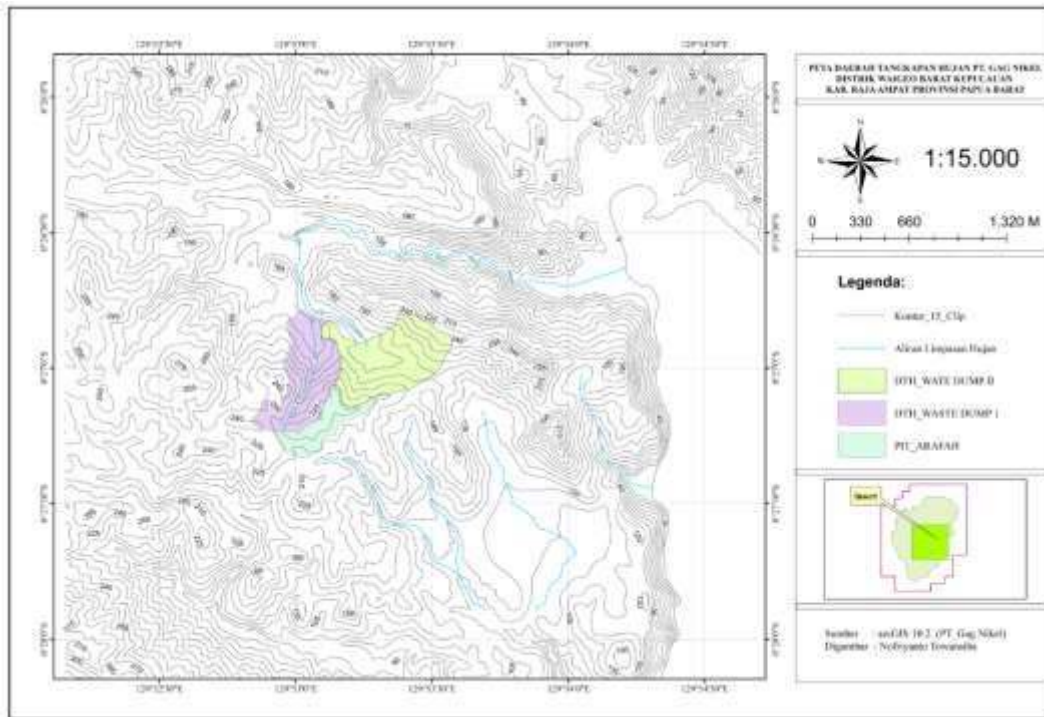
$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot A \quad (4)$$

Keterangan Q debit air hujan ($m^3/detik$) R Jari-jari hidrolis (m) S kemiringan saluran (%) A luas penampang basah (m^2) n koefisien kekerasan *manning*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Tangkapan Hujan

Penentuan luas daerah tangkapan hujan (DTH) atau *catchment area* di area Arafah dan *waste dump* berdasarkan peta topografi lokasi penelitian. Penentuan *catchment area* ini dibantu menggunakan *software surpac 6.6.2.(x64)* Luas *catchment area* untuk arafah yaitu 103.810,009 m^2 sedangkan untuk area *waste dump* (1) 256.901,928 m^2 dan *waste dump* (2) 327.172,506 m^2 .



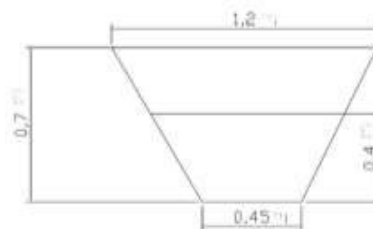
Gambar 1. Peta Daerah Tangkapan Hujan

Debit Limpasan

Berdasarkan analisis menggunakan rumus *mononobe*, diperoleh nilai Debit Limpasan untuk masing-masing DTH adalah seperti tabel di bawah ini.

Tabel 1. Debit Limpasan

DTH	Satuan	
	m ³ /detik	m ³ /jam
Arafah	0.763	2747.66
waste dump 1	1.889	6799.72
waste dump 2	2.405	8659.65



Gambar 2. Saluran 1

Kecepatan Partikel Mengendap

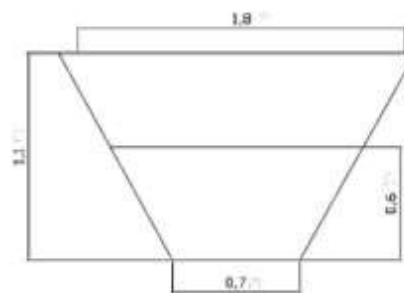
Berdasarkan analisis berat jenis di laboratorium, dan analisis menggunakan persamaan *stokes* maka didapatkan kecepatan pengendapan partikel yaitu 1,21525 m/jam.

Saluran Terbuka

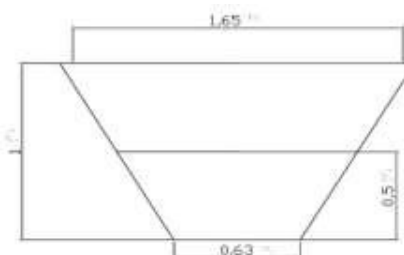
Berdasarkan analisis menggunakan persamaan *manning* maka didapat luasan saluran untuk mengalirkan air mengikuti gaya gravitasi.

Tabel 2. Dimensi Saluran

Saluran	S	I	b	t	d	H
1	60°	0,4	0,45	1,2	0,7	0,4
2	60°	0,5	0,63	1,65	1	0,5
3	60°	0,6	0,7	1,8	1,1	0,6



Gambar 3. Saluran 2



Gambar 4. Saluran 3

Sumuran/Sump

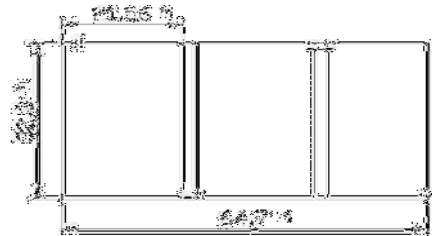
Sump yang direncanakan berguna untuk menampung material limpasan yang berasal dari front penambangan, dan kemudia dialirkan mengikuti gaya grafitasi menuju topografi yang lebih rendah. Dimensi *sump* pada lokasi penambangan (arafah) berdasarkan perhitungan luasanya dengan kedalaman 2 m, Panjang 56,41 m dan lebar 26,40 m. Ukuran volume sump tersebut ialah 2450,448 m³ dapat mengatasi debit limpasan air hujan yang berasal dari *front* arafah.

Dimensi *Setling Pond*

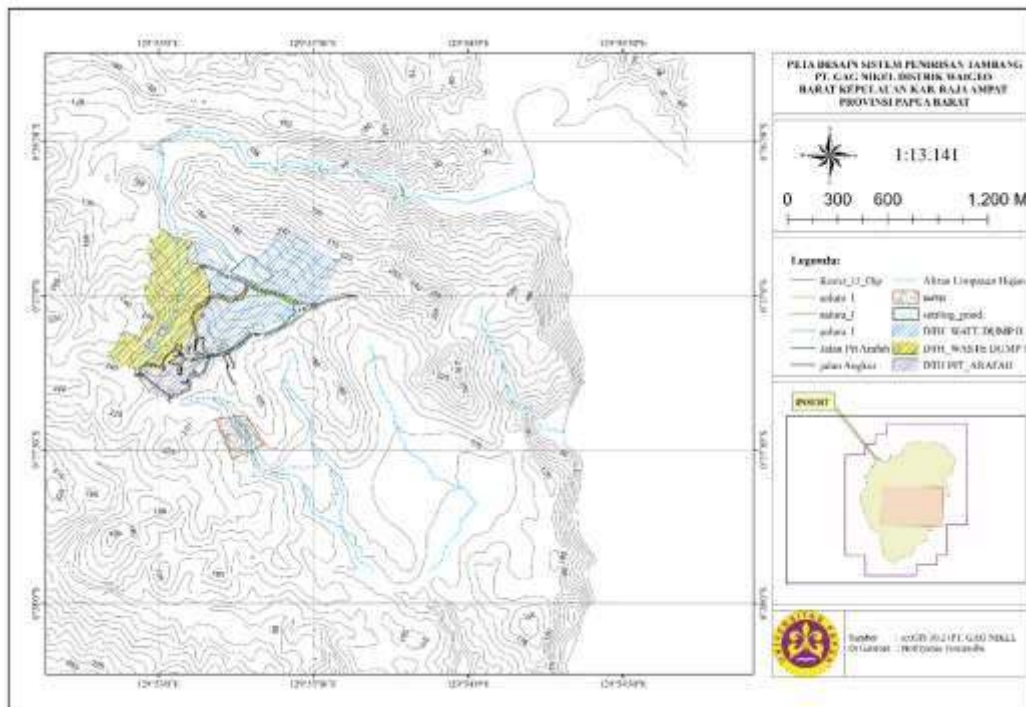
Untuk penentuan dimensi kolam pengendapan disesuaikan dengan debit air limpasan yang masuk ke dalam *Catchment Area* dan kecepatan pengendapan partikel.

Tabel 4. Luasan Kolam Pengendapan

No	Vs	Satuan		A
		m ³ /detik	m ³ /jam	
Q1	0,000365	0,763	2.747,66	2.091,063974
Q2	0,000365	1,889	6.799,72	5.174,822463
Q3	0,000365	2,405	8.659,65	6.590,295552



Gambar 5. Desain Kolam Pengendapan



Gambar 6. Desain sistem penyaliran tambang PT. GAG NIKEL

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dengan menggunakan *Software Surpact 6.6.2* luas *catchment area* pada Area Arafah dan *Waste Dump* adalah 0,103810009 Km² (Arafah); 0,256901928 Km² (Waste Dump1); 0,327172506 Km². (waste dump II) dan yang ditentukan berdasarkan peta topografi daerah penelitian.
2. Berdasarkan perhitungan, debit air limpasan pada daerah arafah yaitu 0,763 m³/detik, area *waste dump I* 1,889 m³/detik dan *waste dump II* 2,405 m³/detik.

3. Kecepatan pengendapan yang diperoleh berdasarkan hukum *stokes* maka kecepatan pengendapan material yaitu 0,000365 m/detik.
4. Untuk luas kolam pengendapan dengan tinggi 2 m pada area Arafah; P = 64,66936 m dan L = 32,33468 m; untuk *waste dump I* P = 101,73 m dan L = 50,86 m, *waste dump II* P = 114,8 m dan L = 57,40 m. Sedangkan luasannya saluran terbuka untuk area arafah adalah I = 0,4 m; b = 0,45 m; t = 1,2 m; d = 0,7 m; h = 0,4 m. *waste dump I*; I = 0,5 m; b = 0,63 m; t = 1,65 m; d = 1 m; h = 0,5 m. *waste dump II*; I = 0,6 m; b = 0,7 m; t = 1,8 m; d = 1,1 m; h = 0,6 m. Kemudian untuk luasannya *sump* yang akan menampung debit air

dari *front* penambangan yaitu $P = 56,41$ m; dan $L = 26,40$ m.

Saran

1. Karena area waste dump kolam pengendapannya belum maksimal diharapkan PT. Gag Nikel dapat mengkaji lebih lanjut hasil rancangan kolam pengendapan pada laporan ini
2. Untuk kolam pengendapan yang nantinya akan dibuat, sebaiknya dilakukan pengkajian lebih lanjut mengenai Kualitas airnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015, *pengertian – dan – jenis – jenis – variabel – penelitian - evaluasi. html* <https://www.eurekapedidikan.com/2015/09/>
- Ayu Lestari. 2018, *Desain Settling Pond Terhadap Laju Endapan Sedimen Pada Area Reklamasi Blok Anoa 12 Pt. Vale Indonesia, Tbk, Sorowako*. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknolgi Industri Universitas Muslim Indonesia Makasar.
- Dian Arumningsih D.P, 2006, *Biaya kebutuhan alat berat untuk pemindahan tanah*. Surakarta: Universitas Tunas Pembangunan Surakarta
- Gautama R. S, 1999. *Sistem Penyaliran Tambang*, Institute Teknologi Bandung.
- Hartono. 2013. *Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Pasomba Ayub. 2017. *Kajian Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara Pit A Dan Pit B Pada Pt. Rental Perdana Putratama Contractors Indonesia Job Site Indomining Kecamatan Sangasanga Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Sekolah Tinggi Teknik Nasional Yogyakarta
- Prodjosumarto P, 1994. *Rancangan Kolam Pengendapan Sebagai Perlengkapan Sistem penyaliran Tambang*. Bandung.
- Sugiono. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kuantitatif Dan R & D*. Alfabeta. Bandung
- Sosrodarsono Suyono & Kensaku Takeda, 1993, *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta

Widayat Wendi S, 2012. *Rancangan Sistem Penyaliran Tambangbukit OI Tambang Selatan Dipt.Aneka Tambang (Persero) Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel Pomalaa Sulawesi Tenggara*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL LATERIT PADA BLOK 1A PT. XYZ PULAU GEBE

Supriyono¹⁾, Jance Murdjani Supit²⁾

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Email: ¹⁾supriyono505@gmail.com

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in the field of lateritic nickel mining, where the Mining Business License Area (WIUP) is located at Desa Umera Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. This study aims to estimate Block 1A lateritic nickel resource and classify the lateritic nickel resources. The analysis conducted is univariate statistical analysis, outliers, semivariogram analysis, variogram validation, ordinary kriging estimation with the results obtained by tonnage of lateritic nickel resources (Ni) and kriging variance values that can be used for determining the classification of resources through Relative Kriging Standard Deviation (RKSD). The result indicated that mineral resources of lateritic nickel in Block 1A is 3,240,730,596 tons.

Keywords: *Estimation, Classification, Ordinary Kriging, Resources*

Abstrak

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan nikel laterit, di mana Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) berlokasi di Desa Umera Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. Penelitian ini mengestimasi sumberdaya nikel laterit Blok 1A, dan mengklasifikasikan sumberdaya nikel laterit tersebut. Analisis yang dilakukan yaitu analisis statistik univarian, pencilan, analisis semivariogram, validasi variogram, estimasi *ordinary kriging* dengan hasil yang diperoleh tonase sumberdaya nikel laterit (Ni) dan nilai *kriging variance* yang dapat digunakan untuk penentuan klasifikasi sumberdaya melalui *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD). Sumberdaya nikel laterit Blok 1A sebesar 3.240.730,596 ton dengan klasifikasi sumberdaya termasuk kedalam sumberdaya terunjuk.

Kata Kunci: *Estimasi, Klasifikasi, Ordinary Kriging, Sumberdaya*

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan nikel laterit, di mana Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) berlokasi di Desa Umera Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara.

Penaksiran sumberdaya/cadangan merupakan sebuah langkah kuantifikasi formal terhadap suatu mineral yang keterdapatannya secara alamiah. Penaksiran dilakukan dengan berbagai metode/prosedur didasarkan pada pertimbangan empiris maupun teoritis. Volume, tonase, ketebalan, kadar (kualitas) dan kuantitas mineral merupakan parameter umum yang diperhitungkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A, dan klasifikasi sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A.

Pada penelitian ini dilakukan estimasi nikel laterit menggunakan metode *ordinary kriging* (OK), klasifikasi sumberdaya menggunakan *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) yang dipengaruhi oleh tingkat keyakinan geologi yang diwakili oleh tingkat kesalahan dalam pembuatan model geologi dan estimasi sumberdaya. Estimasi dilakukan berdasarkan data pemboran 94 titik dengan spasi rata-rata 50 m dan hanya pada unsur Ni.

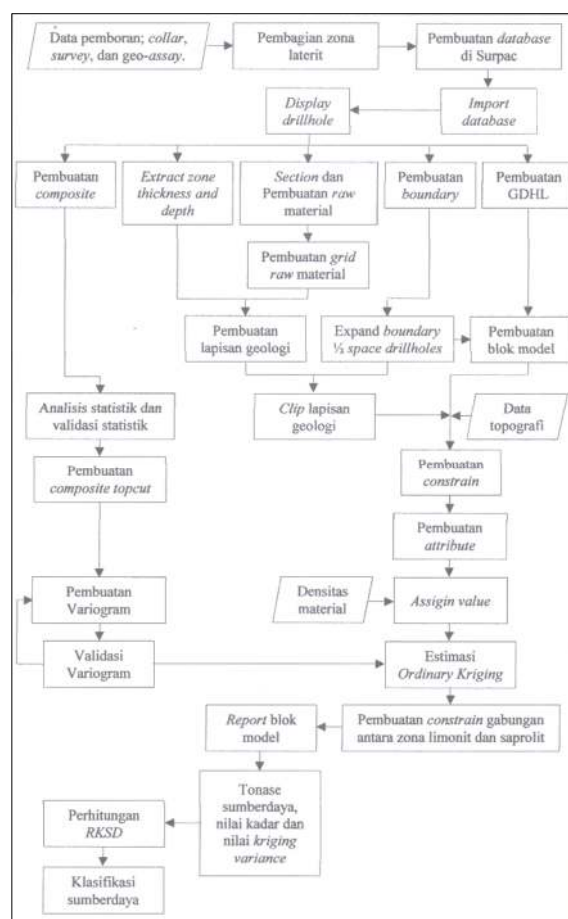
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian tingkat eksplanasi. Tingkat eksplanasi menurut David Kline (*level of explantion*) adalah tingkat penjelasan. Jadi penelitian menurut tingkat eksplanasi adalah penelitian yang bermaksud menjelaskan kedudukan variabel-variabel yang diteliti serta hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain (Sugiyono, 2003). Lebih spesifiknya berdasarkan penelitian menurut tingkat eksplanasi dalam penelitian ini masuk ke dalam penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih (independen) tanpa membuat perbandingan, atau menghubungkan antara variabel satu dengan variabel yang lain. Dalam penelitian ini berusaha menjawab besar sumberdaya nikel laterit, dan klasifikasi sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A WIUP PT. XYZ.

Data yang diperlukan untuk penelitian ini merupakan data skunder yang diperoleh dari data

hasil eksplorasi dan hasil survey PT. XYZ yang terdiri dari; data situasi topografi, data *collar*, data *survey*, data *geo-assay* dan data densitas materil (*sg*). Data yang telah didapatkan selanjutnya akan diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, dan Surpac.

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini secara umum terdiri dari analisis statistik univarian, pencilan, analisis semivariogram, validasi variogram, estimasi *ordinary kriging* dengan hasil yang diperoleh tonase sumberdaya nikel laterit (Ni) dan nilai *kriging variance* yang dapat digunakan untuk penentuan klasifikasi sumberdaya melalui *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pengolahan Odan Analisis Data

Analisis Statistik Univarian

Tendensi sentral merupakan ukuran statistik untuk menentukan skor tunggal yang dapat mendefinisikan pusat distribusi. Tujuan mengukur nilai tendensi sentral adalah manentukan skor tunggal yang paling mewakili untuk seluruh kelompok. Jenis tendensi sentral beruba *mean*, *median*, *modus*, *skewness*, dan *kurtosis*.

Mean/rata-rata adalah nilai yang mewakili sekelompok data dan nilainya mempunyai kecenderungan teletak di tengah-tengah kelompok (Haris, 2005).

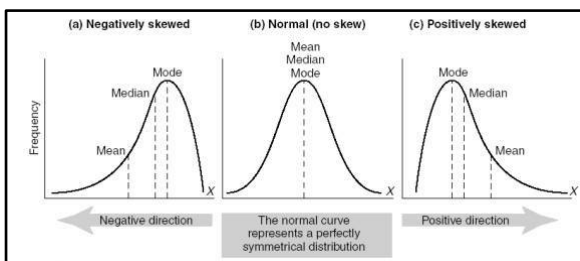
$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i \tag{1}$$

dimana μ merupakan *mean*, n merupakan jumlah/banyaknya data, dan g_i merupakan nilai data.

Median (med) adalah nilai yang terletak di tengah dari suatu kelompok data yang telah diurutkan dalam suatu jajaran.

Modus adalah suatu nilai dari kelompok data yang mempunyai frekuensi tertinggi. Modus sangat berperan untuk mengetahui distribusi data kelompok dari dua atau lebih sub populasi (Haris, 2005).

Skweness (ukuran kemiringan kurva) adalah kecenderungan distribusi data, distribusi *skweness* positif menunjukkan distribusi data cenderung lebih banyak pada nilai data yang terkecil ($med < \mu$), sedangkan *skweness negative* menunjukkan distribusi data cenderung lebih banyak pada nilai data yang besar ($med > \mu$).



Gambar 2. *Skweness negative* (a), *Skweness normal* (b), *Skweness positif* (c).

Skweness dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\mu - mod}{\sigma} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^3}{\sigma^3} \tag{2}$$

dimana α merupakan *skweness*, *mod* merupakan modus, dan σ merupakan *standard deviation*/simpangan baku.

Kurtosis menggambarkan ukuran keruncingan kurva histogram. Dari tingkat keruncingan, kurva dapat dibedakan menjadi leptokurtis (meruncing) kurtosis > 3, platykurtis (mendatar) kurtosis < 3, dan mesokurtis (normal) kurtosis = 3. Kurva distribusi dikatakan normal jika nilai kurtosis mendekati 3. Kurtosis dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Kurtosis = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^4}{\sigma^4} \tag{3}$$

Dispersi adalah ukuran penyebaran (variabilitas) nilai data. Ukuran dispersi yang sering digunakan adalah jarak (*range*), varians (*variance*), simpangan baku (*standard deviation*), dan koefisien varians (*coefficient of variation*).

Jarak (*range*) adalah perbedaan antara data terbesar dengan data terkecil yang terdapat pada sekelompok data. *Range* merupakan salah satu ukuran statistik yang menunjukkan jarak penyebaran data antara nilai terendah (g_{min}) dengan nilai tertinggi (g_{max}). *Range* merupakan ukuran dispersi paling sederhana dinyatakan dengan rumus seperti yang terdapat pada persamaan 4.

$$Range = g_{max} - g_{min} \tag{4}$$

R merupakan range (jarak antara nilai maksimum dengan nilai minimum), g_{max} merupakan nilai data tertinggi, g_{min} merupakan nilai data terendah. Semakin kecil ukuran jarak menunjukkan karakter yang lebih baik, karena berarti data mendekati nilai pusat atau kompak.

Varians dan simpangan baku adalah sebuah ukuran penyebaran yang menunjukkan standar penyimpangan atau deviasi data terhadap nilai rata-ratanya.

Varians adalah rata-rata hitung deviasi kuadrat setiap data terhadap rata-rata hitungannya. Varians adalah kuadrat dari simpangan baku dan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^2}{n-1} \tag{5}$$

dimana σ^2 merupakan variance.

Akar dari variansi disebut *standard deviation*/simpangan baku (σ), merupakan dispersi yang lebih sering digunakan karena satuannya sama dengan variabel, dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^2}{n-1}} \tag{6}$$

Simpangan baku menunjukkan tingkat atau derajat variansi kelompok data dari rata-ratanya. Simpangan baku ini digunakan untuk memperlihatkan seberapa besar perbedaan data yang ada dibandingkan dari rata-rata data itu sendiri.

Koefisien varians adalah perbandingan antara standar deviasi dengan harga mean (rata-

rata) yang dinyatakan dalam angka persentase (%), sehingga dapat dinyatakan ke dalam persamaan 7 di bawah ini. Kegunaan dari koefisien variansi untuk mengamati variasi atau sebaran data dari rata-ratanya. Semakin kecil koefisien variansinya maka data semakin seragam (homogen), sebaliknya semakin besar koefisien variansi maka data semakin bervariasi (heterogen).

$$KV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\% \quad (7)$$

dimana KV merupakan koefisien variansi.

Pencilan (*outlier*)

Pencilan adalah suatu data yang jauh berbeda dibandingkan terhadap keseluruhan data. Data yang jauh berbeda ini disebabkan oleh kesalahan pada saat *sampling*, analisis, atau terjadi penyaringan. Dengan kata lain data pencilan juga dapat dianggap sebagai data dengan populasi yang berbeda terhadap populasi keseluruhan data. Dengan demikian data pencilan akan mengganggu dalam proses analisis data dan harus dihindari dalam banyak hal.

Di dalam surpac sendiri populasi yang berbeda terhadap populasi keseluruhan data perlu dilakukan *cutoff* (pemotongan). Peranan *cutoff* ini sangat penting mengingat hal ini untuk menghindari *over estimate* dalam melakukan perhitungan cadangan. Dalam melakukan perhitungan nilai *cutoff*, dengan mengetahui nilai mean dan standar deviasi dari data. Perhitungan nilai pada surpac, nilai mean dan standar deviasi dapat diketahui dengan melakukan analisis statistik data. Untuk menentukan nilai *cutoff*, dengan menggunakan nilai *confidence interval* (CI) (persamaan 8) di bawah ini.

$$95\% CI = \mu + (1.96 \times \sigma) \quad (8)$$

dimana 95% CI merupakan nilai *cutoff*.

Variogram dan Semivariogram

Variogram merupakan perangkat statistik yang diperlukan untuk melakukan pendugaan pada data spasial, karena jika ada dua buah nilai spasial yang letaknya berdekatan, maka akan relatif bernilai sama dibandingkan dengan dua buah nilai spasial yang letaknya berjauhan (Cressie, 1993 dalam Rozalia, dkk., 2016). Untuk melakukan pendugaan pada data spasial, digunakan suatu perangkat untuk menggambarkan, memodelkan, dan menghitung korelasi spasial antara variabel *random* $z(x_i)$ dan $z(x_{i+h})$, yang disebut dengan semivariogram yang besarnya setengah dari nilai

variogram. Semivariogram dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2 \quad (9)$$

dimana $\gamma(h)$ merupakan semivariogram, x_i merupakan lokasi titik sampel, $z(x_i)$ merupakan nilai data pada lokasi x_i , h merupakan jarak antara dua titik sampel, $z(x_{i+h})$ merupakan nilai data pada titik yang berjarak h lokasi x_i , dan $N(h)$ merupakan banyaknya pasangan data yang memiliki jarak h .

Setelah diperoleh nilai semivariogram eksperimental, maka dapat dihitung parameter-parameter yang akan digunakan untuk perhitungan semivariogram teoritis. Beberapa parameter yang digunakan untuk mencari nilai dalam semivariogram teoritis adalah *nugget effect*, *sill*, dan *range*.

Ordinary Kriging

Royle & Newton (1972) dalam Agusman (2009) telah menyelidiki bermacam-macam model koreksi dan menghasilkan solusi bahwa proses kriging ini memberikan harga-harga penaksiran kadar-kadar blok yang terbaik berdasarkan kadar-kadar conto yang telah terkoreksi.

Ordinary kriging (OK) dikenal sebagai *Best Linier Unbiased Estimator* (BLUE). OK linier karena estimasinya dilakukan dengan pembobotan linier kombinasi data yang ada. *OK unbiased* karena OK berusaha untuk memiliki *mean error* (μ_E), sama dengan nol. *OK best* karena tujuannya untuk meminimalkan *variance error* (σ_E^2).

Estimasi *kriging* ($Z^*(x_i)$) merupakan hasil taksiran harga terhadap suatu kadar $Z(x_i)$ dari volume V . Harga estimasi kadar ini dapat dihitung melalui pembobotan rata-rata tertimbang (*weighted average*) kadar conto $Z(x_i)$ yang diketahui atau ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$Z^*(x_i) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (10)$$

dimana λ_i merupakan faktor/koefisien pembobot dari $Z(x_i)$ dengan $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$, dan $Z(x_i)$ merupakan nilai data pengamatan/pemboran di titik x_i . Jumlah faktor pembobot dibuat sedemikian rupa sehingga sama dengan satu.

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (11)$$

Dengan demikian taksiran ini tidak bias, artinya harga yang diharapkan untuk perbedaan $Z(x_i)$ dan $Z^*(x_i)$ adalah nol.

$$E[Z(x_i) - Z^*(x_i)] = 0 \quad (12)$$

Selanjutnya didapat sistem persamaan linier (*kriging system*) sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(v, v) + \varphi = \gamma(v, V) \quad (13)$$

$$\text{dengan } \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

dimana $\gamma(v, v)$ merupakan rata-rata $\gamma(x - y)$ dimana x dan y adalah titik-titik di posisi yang tidak tergantung satu sama lain pada volume v , φ merupakan pengali lagrange, dan $\gamma(v, V)$ merupakan rata-rata $\gamma(x - y)$ dimana x dan y masing-masing titik tidak tergantung satu sama lain pada volume v dan V . Sistem persamaan ini cukup untuk menentukan harga-harga λ_i dan φ yang akan menghasilkan suatu varian minimum.

Varians estimasi (*kriging variance*) akan diekspresikan melalui persamaan berikut ini:

$$\sigma_E^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(v, V) - \gamma(V, V) + \varphi \quad (14)$$

dimana σ_E^2 merupakan varians estimasi (*kriging variance*) dan $\gamma(V, V)$ merupakan rata-rata $\gamma(x - y)$ dimana x dan y adalah titik-titik di posisi yang tidak tergantung satu sama lain pada volume V .

Klasifikasi Sumberdaya

Klasifikasi sumberdaya dapat diklasifikasikan berdasarkan hanya dipengaruhi oleh tingkat keyakinan geologi yang diwakili oleh tingkat kesalahan dalam pembuatan model geologi dan estimasi sumberdaya. Tingkat kesalahan diukur dengan *kriging variance* atau *error variance* yang berasal dari estimasi dengan menggunakan *ordinary kriging*. *Error* diasumsikan memiliki distribusi normal dan memiliki selang kepercayaan 95%. (Masuara, dkk, 2011).

Menurut Sinclair dan Blackwell, 2005 dalam Masuara, dkk, 2011, hubungan antara sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred* berdasarkan *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Measured } 0,3 \leq \text{Indicated } 0,5 \leq \text{Inferred} \quad (15)$$

dimana RKSD dirumuskan sebagai berikut:

$$RKSD = \pm 1,96 \times \left(\frac{\sigma_E}{Z^*(x_i)} \right) \quad (16)$$

dimana σ_E merupakan *kriging standard deviation* dan $Z^*(x_i)$ merupakan nilai estimasi *kriging* pada titik sampel x_i .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Statistik Univarian

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui karakteristik endapan secara umum tanpa mempertimbangkan posisi dari sampel yang diambil. Analisis statistik ini dilakukan berdasarkan data hasil *composite* setiap 1 (satu) meter pada masing-masing zona laterit. Setiap zona laterit memiliki karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lain. Oleh sebab itu dalam penelitian ini analisis pada setiap zona harus dilakukan masing-masing. Hasil dari analisis statistik univarian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter statistik unsur Ni pada zona laterit.

Parameter	Limonit	Saprolit	Bedrock
Banyaknya data (n)	474	535	371
Nilai minimum (gmin)	0,154	0,470	0,164
Nilai maksimum (gmax)	2,920	3,013	2,298
Range (R)	2,766	2,543	2,134
Banyaknya kelas (k)	10	11	10
Interval Kelas (Δ)	0,277	0,231	0,213
Mean (μ)	1,202	1,897	0,504
Median (Med)	1,184	1,912	0,370
Modus (Mod)	1,497	2,356	0,275
Kuartil 1 (Q1)	0,872	1,549	0,294
Kuartil 3 (Q3)	1,447	2,242	0,639
Variance (σ^2)	0,201	0,220	0,100
Simpangan Baku (σ)	0,448	0,469	0,315
Koefisien Varians (KV)	37,29%	24,74%	62,59%
Skewness (a)	0,750	-0,195	2,138
Kurtosis	4,189	2,383	9,352

Sumber: Data diolah.

Seiring dengan perubahan zonasi laterit penyebaran data unsur Ni pun berubah, dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa kecenderungan penyebaran data yang semakin membesar menuju zona saprolit dan berikutnya penyebaran data yang semakin mengecil lagi menuju zona *bedrock*, hal tersebut dapat dilihat dari perubahan nilai rata-rata dan *skewness* di setiap zona laterit. Hasil yang diperoleh berarti senada dengan teori yang ada, yang menyatakan bahwa unsur Ni pada laterit akan mengalami pengayaan pada zona saprolit.

Seiring dengan perubahan zonasi laterit homogenitas data unsur Ni pun berubah, dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa zona saprolit memiliki homogenitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan zona limonit dan zona *bedrock*.

Pencilan (outlier)

Pencilan (*outlier*) yang merupakan suatu data yang jauh berbeda dibandingkan terhadap keseluruhan data dalam penelitian ini akan dipotong (*cutoff*). Telah dijelaskan sebelumnya pada dasar teori bahwa *cutoff* berperan untuk menghindari *over estimate* (estimasi yang berlebihan) dalam melakukan perhitungan cadangan. Perhitungan nilai *cutoff* dalam penelitian ini menggunakan perhitungan *convidence interval* seperti yang terdapat pada persamaan 8. Perhitungan didasarkan dari nilai rata-rata dan simpangan baku untuk semua, sehingga diperoleh hasilnya sebagai berikut yang dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Selanjutnya nilai *cutoff* tersebut akan digunakan untuk pembuatan *composite_topcut*. Nilai dari *composite* yang bernilai lebih dari nilai-nilai *cutoff* akan diturun sesuai dengan nilai *cutoff* tersebut, ini berarti nilai maksimum dari setiap unsur akan sama dengan nilai *cutoff* tersebut.

Tabel 2. Nilai *cutoff* berdasarkan hasil perhitungan nilai *convidence interval*.

Zona Laterit	Nilai <i>cutoff</i>
Zona limonit	2,081
Zona saprolit	2,819
Zona <i>bedrock</i>	1,128

Sumber: Data diolah.

Variogram dan Semivariogram

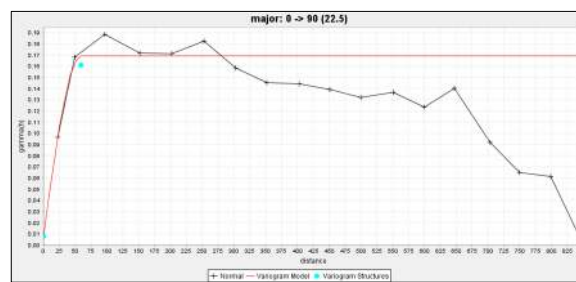
Analisis ini dilakukan pada lima arah utama horizontal dengan parameter yang dapat dilihat

pada tabel 3. Analisis ini dilakukan pada zona laterit yang akan diestimasi sumberdayanya saja, yaitu zona limonit dan zona saprolit, sedangkan zona *bedrock* tidak.

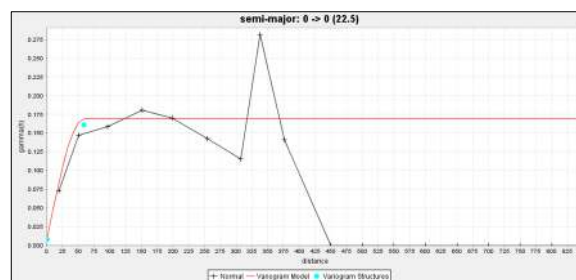
Tabel 3. Parameter variogram.

Arah	Azimuth	Plunge	Spread
Semua Arah (<i>Omnidirectional</i>)	0	0	90
N – S	0	0	22.5
NE – SW	45	0	22.5
E – W	90	0	22.5
SE - NW	135	0	22.5

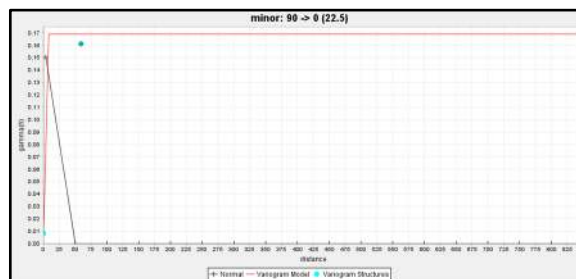
Berikut ini model variogram yang sudah terbentuk untuk masing-masing unsur untuk zona limonit dan zona saprolit, yang dapat dilihat pada gambar 3 – 10.



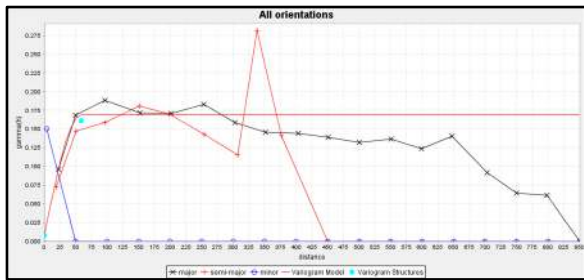
Gambar 3. Model variogram major unsur Ni pada zona limonit.



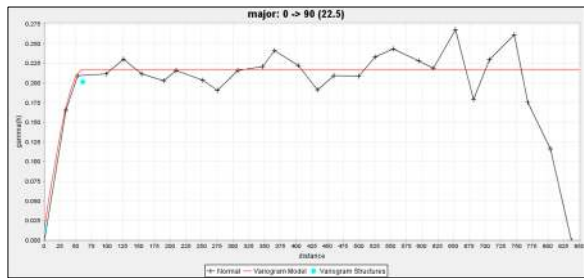
Gambar 4. Model variogram semi-major unsur Ni pada zona limonit.



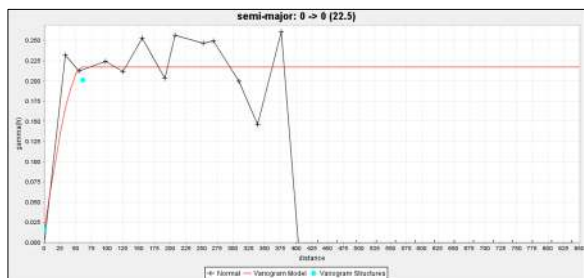
Gambar 5. Model variogram minor unsur Ni pada zona limonit.



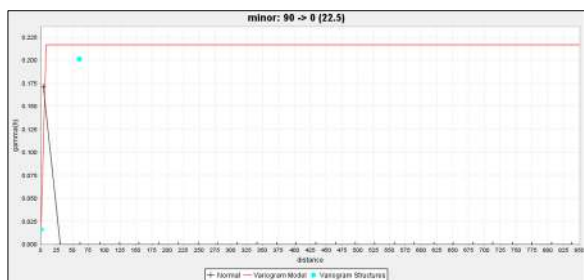
Gambar 6. Model variogram all-orientation unsur Ni pada zona limonit.



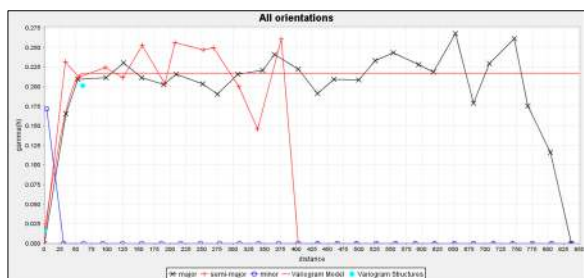
Gambar 7. Model variogram major unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 8. Model variogram semi-major unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 9. Model variogram minor unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 10. Model variogram all-orientation unsur Ni pada zona saprolit.

Hasil yang diperoleh dari proses *fitting variogram* tersebut berupa parameter *bearing*, *plunge*, *dip*, *range (a)*, *sill (C)*, *nugget effect (C₀)*, dan rasio perbandingan *major/semi-major*, serta *major/minor* yang akan digunakan pada proses selanjutnya, yaitu estimasi data kadar menggunakan metode *ordinary kriging*. Adapun parameter-parameter hasil proses *fitting variogram* dari data unsur Ni pada zona limonit dan zona saprolit ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai parameter hasil *fitting variogram*.

Parameter	Limonit	Saprolit
<i>Bearing</i>	90	90
<i>Plunge</i>	0	0
<i>Dip</i>	0	0
<i>Major/semi-major</i>	1,000	1,000
<i>Major/minor</i>	9,361	15,985
<i>Nugget effect (C₀)</i>	0,008	0,016
<i>Sill (C)</i>	0,161	0,201
<i>Total Sill (C₀ + C)</i>	0,169	0,217
<i>Range (a)</i>	59,000	61,000
<i>Rasio nugget</i>	4,734%	7,373%

Sumber: Data diolah.

Analisis variogram ini dilakukan untuk melengkapi hasil analisis statistik univarian, dimana dalam analisis variogram ini telah memperhatikan posisi (sebaran) data. Posisi (sebaran) data sangat mempengaruhi hasil dari analisis variogram sedangkan pada analisis statistik univarian tidak, artinya dapat dikatakan bahwa apabila terjadi perubahan posisi (sebaran) data maka hasil analisis variogram akan berubah, sedangkan dalam analisis statistik univarian perubahan posisi (sebaran) data sedemikian rupun maka tetap akan memberikan hasil yang sama.

Analisis variogram ini dilakukan untuk melengkapi hasil analisis statistik univarian, dimana dalam analisis variogram ini telah memperhatikan posisi (sebaran) data. Unsur-unsur yang terdapat dalam nikel laterit seperti Ni terdistribusi di dalam runag. Posisi (sebaran) data sangat mempengaruhi hasil dari analisis variogram sedangkan pada analisis statistik univarian tidak,

artinya dapat dikatakan bahwa apabila terjadi perubahan posisi (sebaran) data maka hasil analisis variogram akan berubah, sedangkan dalam analisis statistik univarian perubahan posisi (sebaran) data sedemikian rupapun maka tetap akan memberikan hasil yang sama.

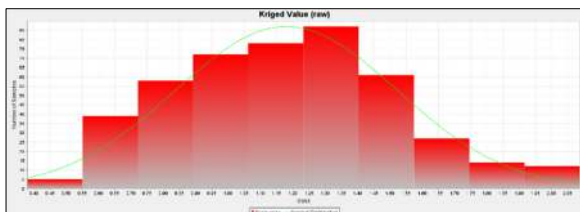
Dari hasil yang didapatkan (tabel 4), nilai *rasio nugget effect* berkisar antara *low* sampai *medium negget effect*, dimana pada zona saprolit nilai *rasio nugget effect* lebih besar jika dibandingkan pada zona limonit.

Nugget effect menggambarkan variabilitas data pada jarak dekat, semakin besar nilai *nugget*, maka variansi antar data dalam jarak dekat akan semakin besar. Besar kecilnya nilai *nugget* bisa juga dipengaruhi oleh kesalahan analisis sampel, untuk memperkecil nilai *nugget* dapat dilakukan dengan cara memperkecil jarak pengambilan contoh.

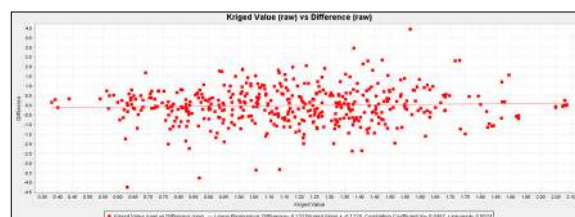
Dari hasil fitting variogram (tabel 4) didapatkan nilai *range* kurang dari 100. *Range* mencerminkan jarak pengaruh antar data, sejauh mana nilai data tersebut dapat mempengaruhi nilai data yang lainnya. Kontinuitas (homogenitas) yang tinggi ditunjukkan dari *range* variogram yang semakin tinggi pula. Unsur Ni pada zona saprolit lebih homogen jika dibandingkan pada zona limonit.

Hasil yang diperoleh dari proses fitting variogram divalidasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk tahapan estimasi. Validasi variogram menghasilkan data *composite* yang sudah tervalidasi, yang nantinya akan digunakan untuk tahapan estimasi. Selain itu validasi variogram menyajikan histogram dari nilai *kriging*, *scetter plot* dari nilai *kriging* dengan *residual*, dan bisa ditampilkan *scetter plot* dari nilai *kriging* dengan nilai *difference*.

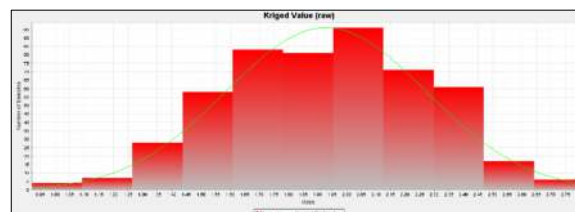
Histogram dari nilai *kriging*, dan *scetter plot* dari nilai *kriging* dengan nilai *difference* dari unsur Ni pada setiap zona limonit dan zona saprolit dapat dilihat pada gambar 11 - 14. Sedangkan nilai dari koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference* dapat dilihat pada tabel 5.



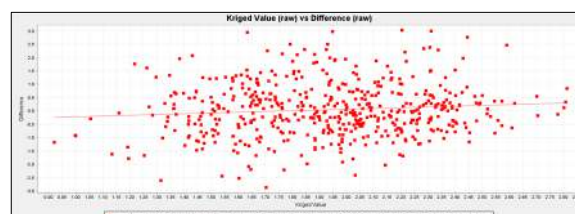
Gambar 11. Histogram nilai kriging unsur Ni pada zona limonit.



Gambar 12. Diagram pancar nilai *kriging* unsur Ni dengan *difference* pada zona limonit.



Gambar 13. Histogram nilai *kriging* unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 14. Diagram pancar nilai *kriging* unsur Ni dengan *difference* pada zona saprolit.

Tabel 5. Nilai koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference*.

Zona	Koefisien Korelasi Nilai <i>Kriging</i> dengan Nilai <i>Difference</i>
Limonit	0,0487
Saprolit	0,0988

Sumber: Data diolah.

Berdasarkan hasil validasi variogram (tabel 5), maka dapat dikatakan bahwa nilai koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference* sudah cukup baik karena nilainya kurang dari 0,200. Nilai hasil validasi variogram bagus apabila nilai *kriging* mendekati grafik histogram normal, nilai koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference* mendekati nilai 0 (nol).

Estimasi Ordinary Kriging

Sebelum dilakukan estimasi terlebih dahulu dibuat blok model terlebih dahulu, dalam penelitian ini luas koordinat blok model dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Luas koordinat block model.

Koordinat	Nilai
North max	9.981.850,153
North min	9.981.391,459
East max	557.860,064
East min	557.004,866
Elevasi max	54,752
Elevasi min	2,157

Sumber: Data diolah.

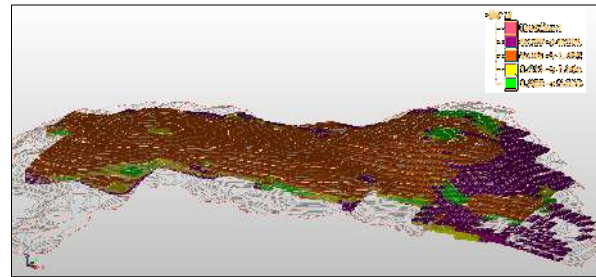
Blok model yang akan dibuat terdiri dari satu ukuran, yaitu satu blok *parent cell* memiliki dimensi ukuran sebesar 12,5x12,5x0,25 m³ (gambar 15). Atribut-atribut yang dibuat dalam blok model, yaitu Ni, densitas material (*sg*), dan zona. Adapun densitas material (*sg*) yang dipakai dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari tempat pengambilan data yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Densitas material.

Mataerial	Densitas (g/cm ³)
Limonit	1,7
Saprolit	1,6

Sumber: PT. XYZ.

Parameter-parameter yang dimasukkan dalam tahapan estimasi ini adalah parameter yang dihasilkan dari *fitting variogram* dan *composait* yang sudah tervalidasi. Proses estimasi radius pencarian ditetapkan sesuai dengan nilai *range* hasil *fitting variogram* pada masing-masing unsur, selain itu *minimum number of samples to select* (jumlah sampel minimum yang digunakan untuk estimasi 1 blok) yang di tetapkan adalah 3 sampel dan *maximum number of samples to select* (jumlah sampel maksimum yang digunakan untuk estimasi 1 blok) yang di tetapkan adalah 12 sampel. Secara visual pada gambar 14 (merupakan bentuk blok model 3D dari endapan nikel laterit untuk zona limonit dan zona saprolit (*constraint* gabungan antara zona limonit dengan zona saprolit)) dapat dilihat blok model hasil estimasi yang sudah dilakukan. Sedangkan tonase sumberdaya hasil estimasi zona limonit dan zona saprolit dapat dilihat pada tabel 7 dan nilai *kriging* varians dari hasil estimasi zona limonit dan zona saprolit dapat dilihat pada tabel 8.



Gambar 15. Penyebaran unsur Ni hasil estimasi *ordinary kriging*.

Tabel 7. Tonase hasil estimasi sumberdaya blok 1A.

Interval Ni	Volume	Tonnes	Ni
0,000 ≤ Ni < 0,001	230.117,188	375.570,313	0,00
0,280 ≤ Ni < 2,795	1.966.992,785	3.240.730,596	1,55

Sumber: Data diolah.

Tabel 8. *Kriging* varians (σ_E^2) hasil estimasi sumberdaya blok 1A.

Interval Ni	<i>Kriging</i> varians
0,000 ≤ Ni < 0,001	-99,000
0,280 ≤ Ni < 2,795	0,106

Sumber: Data diolah.

Dalam gambar 15 dapat dilihat bahwa blok model sudah diberikan pewarnaan sesuai dengan klasifikasi kadar Ni yang dibagi menjadi 4 (empat), yaitu:

1. Warna ungu merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 0.000% - 0.001%.
2. Warna *orange* merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 0.280% - 1.444%.
3. Warna kuning merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 1.444% - 1.800%.
4. Warna hijau merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 1.800% - 5.000%.

Untuk blok model yang berwarna ungu merupakan blok model yang tidak terestimasi, hal ini dikarenakan jumlah sampel minimum untuk mengestimasi blok tersebut kurang dari *minimum number of samples to select* (jumlah sampel minimum yang digunakan untuk estimasi 1 blok) yang di tetapkan dengan radius pencarian yang telah ditetapkan.

Klasifikasi Sumberdaya

Dari tabel 7 dan tabel 8 di atas dapat dicari *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) menggunakan persamaan 16 dengan mengakarkan terlebih dahulu nilai *kriging variance* sehingga menjadi *kriging standard deviation*, sehingga hasil perhitungan RKSD dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. *Relative kriging standard deviation* (RKSD) hasil estimasi sumberdaya blok 1A.

Interval Ni	RKSD
$0,000 \leq Ni < 0,001$	-
$0,280 \leq Ni < 2,795$	0,41

Sumber: Data diolah.

Dari tabel 9 dapat diperoleh klasifikasi sumberdaya yang dipengaruhi oleh tingkat keyakinan geologi yang diwakili oleh tingkat kesalahan dalam pembuatan model geologi dan estimasi sumberdaya. Klasifikasi sumberdaya yang diperoleh adalah sumberdaya terunjuk, untuk dapat meningkatkan status klasifikasi sumberdaya tersebut estimasi dapat dilakukan dengan data yang memiliki jarak pemboran yang lebih rapat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan data pemboran 94 titik dengan spasi rata-rata 50 m, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Besar sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A PT. XYZ, yaitu 3.240.730,596 ton.
2. Sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A PT. XYZ termasuk kedalam sumberdaya terunjuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusman R. 2009. *Analisis Ketidakpastian dalam Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Menggunakan Metode Geostatistik Studi Kasus: Endapan Nikel Laterit di Pulau Pakal Halmahera Timur, Maluku Utara*. Tesis Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung.
- Haris A. 2005. *Modul Responsi TE-3231, Metode Perhitungan Cadangan*. Institut Teknologi Bandung.
- Masuara A.H., Heriawan M.N., dan Syafrizal. 2011. *Perbandingan antara Pendekatan Direct Grade dan Accumulation Grade pada Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit dengan*

Metode Geostatistik. Jurnal Teknologi Mineral. Volume 18, Nomor 1, JTM Vol XVIII No. 1/20011.

Rozalia G., Yasin H., dan Ispriyanti D. 2016. *Penerapan Metode Ordinary Kriging pada Pendugaan Kadar NO₂ di Udara (Studi Kasus: Pencemaran Udara di Kota Semarang)*. Jurnal Gaussian, Volume 5, Nomor 1, Tahun 2016, Halaman 113-121, ISSN:2339-2541.

Sugiyono. 2003. *Metode Penelitian Administrasi Dilengkapi dengan Metode R&D Edisi Revisi Dilengkapi dengan Metode R&D*. Alfabeta. Bandung.

TINJAUAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS TANAH UNTUK MENENTUKAN DAYA DUKUNG TANAH (STUDI KASUS: JALAN BARU KAYU BATU BASE-G JAYAPURA STA 0+200)

Reni Rochmawati¹⁾, Irianto²⁾

^{1) 2)} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua
Jl. Dr. Sam Ratulangi no. 11 Dok V Atas, Jayapura-Papua
Email: ¹⁾ rochmawatireny@rocketmail.com, ²⁾ irian.anto@gmail.com

Abstract

In the implementation of building construction, ground work was the first step that need attention to support a structure. Currently, an access to a tourism object on top of Swajah mountain Kayubatu Base-G, Tanjung Ria, North Jayapura District of Jayapura has been construct. In terms of constructing around the street, should be noted the soil conditions. This study wants to know the physical properties and mechanical properties of the area. The research result would be based on physical properties soil test according to USCD classification system, AASHTO classification system, and triaxle mechanical test. According to USCD, that Soil I and Soil III are classified as fine grained soil MH-OH group, which is inorganic silt soil or fine sand soil, elastic silt soil and organic clay soil with medium to high plasticity. While, Soil II is classified as fine grained soil CH group, thus inorganic clay soil with high plasticity. Then, according to AASHTO showed that the three soil are classified as A-7-5 group in clay soil. The triaxle unconsolidated-undrained soil test concluded the mechanical properties of cohesive value (c) and shear angle (ϕ) respectively are as follow: Soil I 0,015 kg/cm² and 12,37°. Soil II 0,012 kg/cm² and 9,31°. Soil III 0,014 kg/cm² and 11,21°.

Keywords: soil, physical properties, mechanical properties, triaxle unconsolidated-undrained

Abstrak

Dalam pelaksanaan membangun suatu konstruksi, pekerjaan tanah merupakan kegiatan awal yang perlu diperhatikan untuk mendukung struktur. Saat ini sedang dikerjakan akses jalan menuju objek wisata di puncak gunung Swajah Kampung Kayubatu Base-G, Kelurahan Tanjung Ria, Distrik Jayapura Utara Kota Jayapura. Dalam hal membangun konstruksi di sekitar bahu jalan, perlu diperhatikan kondisi tanah. Untuk alasan inilah peneliti ingin mengetahui sifat fisis dan mekanis tanah di daerah tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis. Hasil pengujian sifat fisis berdasarkan sistem klasifikasi USCS tanah titik I dan titik III merupakan tanah berbutir halus kelompok MH-OH yaitu lanau anorganik atau pasir halus, lanau yang elastis dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Tanah titik II merupakan tanah berbutir halus kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Sedangkan berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO ketiga tanah termasuk dalam golongan A-7-5 yang berarti termasuk dalam golongan tanah berlempung. Hasil pengujian mekanis nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) yang diperoleh dari pengujian triaxial unconsolidated-undrained untuk tanah I sebesar 0,015 kg/cm² dan 12,37°. Untuk tanah II sebesar 0,012 kg/cm² dan 9,31°. Untuk tanah III sebesar 0,014 kg/cm² dan 11,21°.

Kata Kunci: tanah, sifat fisis, sifat mekanis, triaxial unconsolidated-undrained

PENDAHULUAN

Perkembangan Provinsi Papua yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan di berbagai sektor, membawa dampak pada berbagai aspek kehidupan. Salah satu aspek yang sedang mengalami perkembangan adalah sektor pariwisata. Objek wisata yang akan dibangun merupakan wisata rohani yaitu Patung Tuhan Yesus yang berlokasi di puncak Gunung Swajah Kampung Kayubatu Base-G, Kelurahan Tanjung Ria, Distrik Jayapura Utara Kota Jayapura.

Dalam pelaksanaan membangun suatu konstruksi, pekerjaan tanah merupakan kegiatan awal yang perlu diperhatikan untuk mendukung struktur. Saat ini sedang dikerjakan akses jalan menuju objek wisata di puncak Gunung Swajah Kampung Kayubatu Base-G, Kelurahan Tanjung Ria, Distrik Jayapura Utara Kota Jayapura. Dalam hal membangun konstruksi di sekitar bahu jalan sepanjang jalan ke objek wisata tersebut, perlu diperhatikan kondisi tanah. Tanah di Kayu Batu Base-G, Distrik Jayapura Utara Kota Jayapura dilihat secara kasat mata berwarna cokelat kemerahan, dan saat dipegang teksturnya lembek. Untuk alasan inilah peneliti ingin mengetahui sifat fisis dan mekanis tanah di daerah tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diambil beberapa rumusan masalah yaitu bagaimana sifat fisis tanah Jalan Baru Kayu Batu Base-G, Jayapura berdasarkan pengujian yang meliputi ukuran butiran tanah, kadar air, berat jenis, batas-batas konsistensi tanah dan bagaimana pula klasifikasi tanah Jalan Baru dalam klasifikasi *AASHTO* dan *USCS (Unified)* serta bagaimana sifat mekanis tanah Jalan Baru Kayu Batu Base-G, Jayapura ditinjau dari parameter kuat geser tanahnya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisis tanah dan mengetahui klasifikasi tanah Jalan Baru Kayu Batu Base-G, Jayapura dalam sistem klasifikasi *AASHTO* dan sistem klasifikasi *USCS (Unified)* serta untuk mengetahui parameter kuat geser tanah berupa kohesi dan sudut geser dalam dengan pengujian *triaxial unconsolidated-undrained*.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah dapat didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai

dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel tersebut (Braja M Das, 1995). Tanah (soil) menurut teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (sampling) pada saat pemboran (Hendarsin, 2000). Tanah merupakan komposisi dari tiga fase yang berbeda. Jika tanah berada dalam keadaan jenuh sebagian maka terdiri dari tiga fase yaitu butiran padat (solid), air dan udara.

Bowles (1991), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*), yaitu potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 – 300 mm. Untuk kisaran ukuran 150 – 250 mm, fragmen batuan ini disebut sebagai kerakal (*cobbles*) atau *pebbles*.
2. Kerikil (*gravel*), yaitu partikel batuan yang berukuran 5 – 150 mm.
3. Pasir (*sand*), yaitu batuan yang berukuran 0,0074 – 5 mm. Berkisar dari kasar (3 – 5 mm) sampai halus (<1 mm).
4. Lanau (*silt*), yaitu partikel batuan yang berukuran dari 0,002 – 0,074 mm.
5. Lempung (*clay*), yaitu partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Sistem Klasifikasi Tanah *Unified (Unified Soil Classification System/ USCS)*

Sistem klasifikasi tanah *unified* atau *Unified Soil Classification System (USCS)* diajukan pertama kali oleh *Arthur Cassagrande* pada tahun 1942 untuk mengelompokkan tanah berdasarkan sifat teksturnya dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Society for Testing and Materials (ASTM)* memakai *USCS*

sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Menurut sistem ini tanah dikelompokkan dalam tiga kelompok yang masing-masing diuraikan lebih spesifik lagi dengan memberi simbol pada setiap jenis (Hendarsin, 2000), yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar, yaitu tanah yang mempunyai prosentase lolos ayakan No.200 < 50 %. Klasifikasi tanah berbutir kasar terutama tergantung pada analisa ukuran butiran dan distribusi ukuran partikel. Tanah berbutir kasar dapat berupa salah satu dari hal di bawah ini:
 - 1. Kerikil (G) apabila lebih dari setengah fraksi kasar tertahan pada saringan No. 4.
 - 2. Pasir (S) apabila lebih dari setengah fraksi kasar berada diantara ukuran saringan No. 4 dan No. 200.
- b. Tanah berbutir halus, adalah tanah dengan persentase lolos ayakan No. 200 > 50 %. Tanah berbutir ini dibagi menjadi lanau (M). Lempung Anorganik (C) dan Tanah Organik (O) tergantung bagaimana tanah itu terletak pada grafik plastisitas.
- c. Tanah Organik
Tanah ini tidak dibagi lagi tetapi diklasifikasikan dalam satu kelompok Pt. Biasanya jenis ini sangat mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan. Tanah khusus dari kelompok ini adalah peat, humus, tanah lumpur dengan tekstur organik yang tinggi. Komponen umum dari tanah ini adalah partikel-partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan yang regas lainnya.

Tabel 1. Simbol Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Jenis Tanah	Simbol	Sub Kelompok	Simbol
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M	WL<50%	L
Lempung	C	WL>50%	H
Organik	O		
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1989).

Keterangan:

- W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),
- P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),
- L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, LL<50),
- H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, LL> 50).

Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 dan dipergunakan hingga sekarang, yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145). Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Dalam sistem ini tanah dikelompokkan menjadi tujuh kelompok besar yaitu A1 sampai dengan A7. Tanah yang termasuk dalam golongan A-1, A-2, dan A-3 masuk kedalam tanah berbutir di mana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah yang lolos ayakan No.200, sedangkan tanah yang masuk dalam golongan A-4, A-5, A-6 dan A-7 adalah tanah lanau atau lempung. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992). Percobaan yang dibutuhkan untuk mendapatkan data yang diperlukan adalah analisis saringan, batas cair, dan batas plastis. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria berikut:

- 1. Ukuran Butir
Kerikil: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (No. 10).
Pasir: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (No. 200)
Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,075 (No. 200).
- 2. Plastisitas
Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis yang lebih besar dari berlanau. Indeks plastisnya sebesar 11 atau lebih. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) di temukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Sifat Fisis dan Mekanis Tanah

Sifat fisis tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah yang ada. Sedangkan sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis.

Kadar Air

Pada dasarnya tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat sedangkan bagian rongga terisi oleh air dan udara. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter sifat-sifat tanah. Sedangkan pengeringan untuk benda uji yang tidak mengandung bahan organik dilakukan di atas kompor atau dibakar langsung setelah disiram dengan spiritus. Lakukan penimbangan dan pengeringan secara berulang-ulang sehingga mencapai berat yang tetap.

Berat Jenis

Menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui. Untuk tanah asli biasanya dipakai sebuah cincin yang dimasukkan kedalam tanah sampai terisi penuh, kemudian atas dan bawahnya diratakan dan cincin serta tanahnya.

Analisa Saringan

Analisa saringan tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 2002). Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar di atas yang kecil. Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Tanah digolongkan ke dalam empat macam pokok sebagai berikut:

a. Batu kerikil dan pasir

Golongan ini terdiri dari pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butir batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan batu.

b. Lempung

Lempung terdiri dari butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesif. Kohesif menyatakan bahwa bagian itu melekat satu sama lainnya. Sedang plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan dapat diubah tanpa perubahan isi dan tanpa terjadi retakan.

c. Lanau

Merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan mudah ditembus air dari pada lempung dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak terdapat dalam lempung.

Tabel 2. Jenis tanah dan ukuran butiran

No.	Jenis Tanah	Ukuran Butiran
1	Berangkal	> 20 cm
2	Kerakal	8 - 20 cm
3	Batu Kerikil	2 mm - 8 cm
4	Pasir Kasar	0,6 mm - 2 mm
5	Pasir Sedang	0,2 mm - 0,6 mm
6	Pasir Halus	0,06 mm - 0,2 mm
7	Lanau	0,002 mm - 0,006 mm
8	Lempung	< 0,002 mm

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Analisa Hydrometer

Analisa hydrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran, dan beratnya.

Batas Cair

Batas cair tanah adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Besaran batas cair digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah. Konsistensi dari lempung dan tanah-tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air dari tanah. Untuk mengatur kadar air tanah yang bersangkutan agar memenuhi persyaratan sangatlah sulit. Oleh karena itu, akan lebih baik jika dilakukan uji batas cair paling sedikit empat kali pada tanah yang sama tetapi pada kadar air yang

berbeda-beda sehingga jumlah pukulan N yang dibutuhkan untuk menutup goresan bervariasi antara 15-35.

Batas Plastis

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum di mana suatu tanah masih dalam keadaan plastis. Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana tanah apabila digulung sampai dengan diameter 1/8” (3,2 mm) menjadi retak-retak. Batas plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah.

Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan. Seperti material teknik lainnya, tanah mengalami penyusutan volume jika menderita tekanan merata disekelilingnya. Apabila menerima tegangan geser, tanah akan mengalami distorsi dan apabila distorsi yang terjadi cukup besar, maka partikel-partikelnya akan terpeleket satu sama lain dan tanah akan dikatakan gagal dalam geser. Dalam hampir semua jenis tanah daya dukungnya terhadap tegangan tarik sangat kecil atau bahkan tidak mampu sama sekali. Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (bearing capacity), tegangan tanah terhadap dinding penahan (earth pressure) dan kestabilan lereng (slope stability).

Triaxial Unconsolidated Undrained

Triaksial adalah salah satu metode pengujian yang bertujuan untuk mencari properties tanah yang terdiri dari parameter c (kohesi) dan φ (sudut geser dalam). Pengujian triaksial uu merupakan satu langkah untuk pengujian kuat geser tanah. Pada pengujian triaksial uu, benda uji awal mula dibebani dengan tegangan sel lalu dibebani dengan beban normal, lewat aplikasi tegangan deviator sampai meraih keruntuhan. Pada aplikasi tegangan deviator sepanjang penggeserannya tidak diperbolehkan air keluar dari benda ujinya serta sepanjang pengujian katup drainase ditutup. Karena pada pengujian air tidak diperbolehkan mengalir keluar, beban normal tidak ditransfer ke butiran tanahnya. Kondisi tanpa ada drainase ini mengakibatkan ada desakan keunggulan desakan pori dengan tidak ada tahanan geser hasil perlawanan dari butiran tanahnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah yang berasal dari Jalan Baru Kayu Batu Base-G, Kelurahan Tanjung Ria, Jayapura. Pengambilan tanah dilakukan di STA 0+200. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak di sekitar bahu jalan sebanyak tiga titik. Pengambilan sampel tanah dengan cara pengeboran (hand bore) sampai kedalaman satu meter. Sampel yang sudah diambil ini selanjutnya digunakan untuk pengujian di laboratorium, di mana sampel tanah yang diambil merupakan tanah tidak terganggu (undisturbed). Pengumpulan data pada penelitian ini diperoleh dari pengujian-pengujian yang dilakukan di laboratorium dan juga dari beberapa literatur untuk data klasifikasi tanah. Hasil dari pengujian-pengujian di laboratorium merupakan data primer. Sedangkan data klasifikasi tanah merupakan data sekunder. Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium diolah menurut klasifikasi data dengan menggunakan persamaan-persamaan dan rumus-rumus yang berlaku. Hasil dari pengolahan data tersebut diuraikan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Fisis Tanah

Sampel tanah diambil dari Kampung Kayubatu Base-G Jayapura Utara untuk dilakukan pengujian di laboratorium mengenai karakteristik tanah asli meliputi uji fisik tanah, yaitu uji kadar air, uji berat jenis, uji analisis ukuran butiran tanah dan uji batas konsistensi. Dari pengujian tanah asli di laboratorium diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisis Tanah

Pengujian	Jenis Tanah I	Jenis Tanah II	Jenis Tanah III
Kadar air (ω)	26,25%	31,41%	30,94%
Berat Jenis (Gs)	2,733	2,720	2.724
Batas Konsistensi :			
a. Batas Cair (LL)	55,50 %	71,00 %	56,00%
b. Batas Plastis (PL)	35,80 %	30,43 %	35,71 %
c. Indeks Plastisitas (PI)	19,92 %	40,57 %	20,29 %
Gradasi lolos saringan No. 200	97,74 %	97,94 %	99,32 %
Hasil hydrometer Gradasi lolos saringan No. 200	93,04 %	95,46 %	93,50 %

(Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium, 2019)

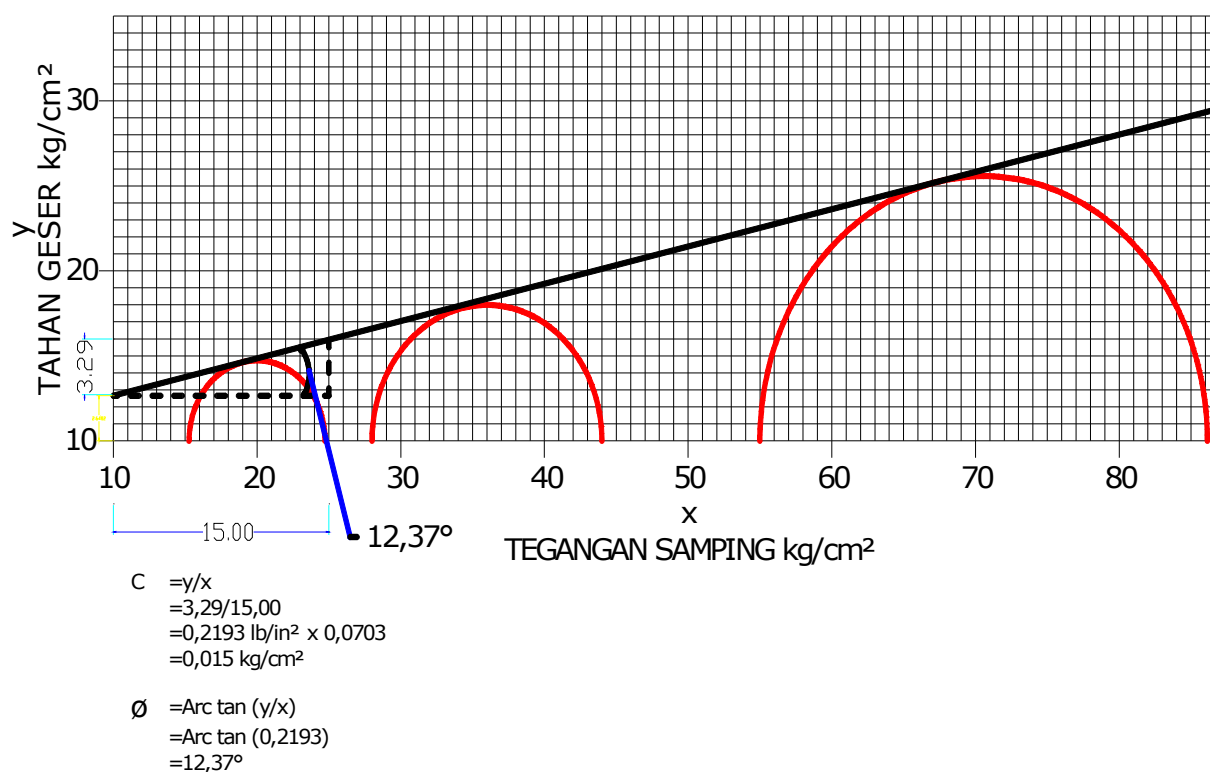
Menurut Klasifikasi AASHTO jenis tanah I, II dan tanah III tersebut termasuk dalam golongan A-7-5 yang berarti termasuk dalam golongan tanah berlempung. Ketiga jenis tanah ini termasuk bahan tanah dasar yang biasa sampai jelek. Sedangkan menurut Klasifikasi USCS (*Unified*) maka tanah titik I merupakan tanah berbutir halus kelompok MH-OH yaitu lanau anorganik atau pasir halus, lanau yang elastis dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Tanah titik II merupakan tanah berbutir halus kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Tanah titik III merupakan tanah berbutir halus kelompok MH-OH yaitu lanau anorganik atau pasir

halus, lanau yang elastis dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.

Hasil Pengujian Mekanis Tanah

Triaksial adalah salah satu metode pengujian yang bertujuan untuk mencari properties tanah yang terdiri dari parameter c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam). Pada percobaan triaksial, pengukuran kekuatan geser dilakukan dengan memberikan tekanan vertical pada sampel. Dari *proving ring* dapat diketahui tekanan vertical maksimum yaitu pada waktu terjadi keruntuhan. Untuk mengukur harga c dan ϕ digunakan cara grafis yaitu Lingkaran Mohr. Hasil pengujian *triaxial uu* dapat dilihat pada gambar berikut ini :

DIAGRAM PENGUJIAN TRIAKSIAL TANAH I



Gambar 1. Diagram Mohr pengujian triaksial tanah I (Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium, 2019)

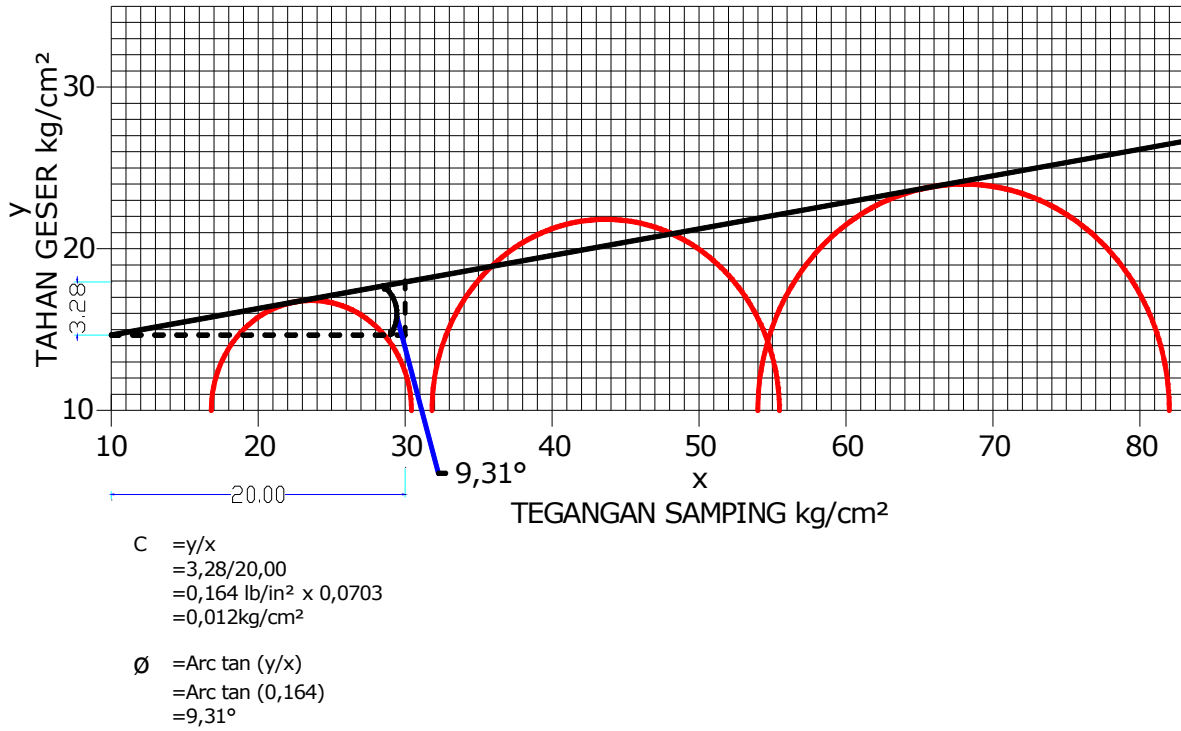
Gambar 1 menunjukkan hubungan tegangan samping dengan tahanan geser. Dari lingkaran Mohr diperoleh garis singgung yang menyatakan kekuatan gesernya. Kemudian diperoleh parameter kuat geser tanah yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Untuk tanah I diperoleh kohesi (c) sebesar $0,015 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar $12,37^\circ$

kuat geser tanah yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Untuk tanah II diperoleh kohesi (c) sebesar $0,012 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar $9,31^\circ$.

Gambar 2 menunjukkan hubungan tegangan samping dengan tahanan geser. Dari lingkaran Mohr diperoleh garis singgung yang menyatakan kekuatan gesernya. Kemudian diperoleh parameter

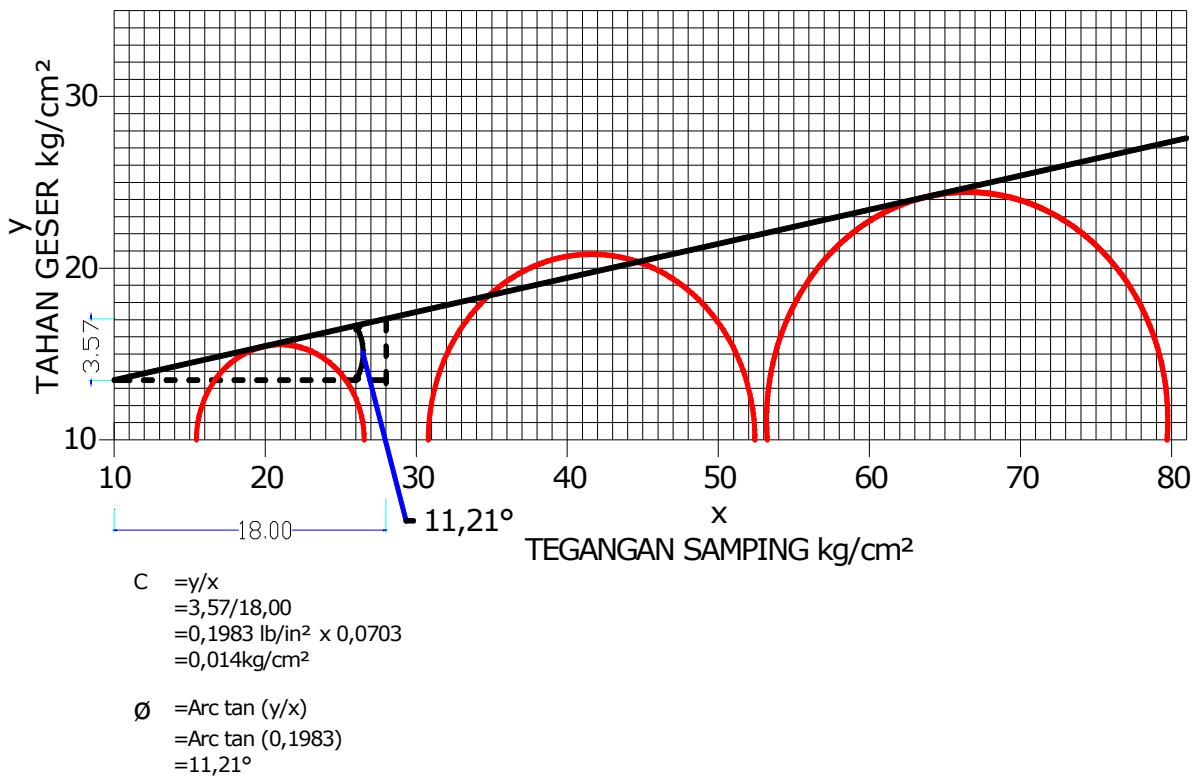
Gambar 3 menunjukkan hubungan tegangan samping dengan tahanan geser. Dari lingkaran Mohr diperoleh garis singgung yang menyatakan kekuatan gesernya. Kemudian diperoleh parameter kuat geser tanah yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Untuk tanah III diperoleh kohesi (c) sebesar $0,014 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar $11,21^\circ$.

DIAGRAM PENGUJIAN TRIAKSIAL TANAH II



Gambar 2. Diagram Mohr pengujian triaksial tanah II
 (Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium, 2019)

DIAGRAM PENGUJIAN TRIAKSIAL TANAH III



Gambar 3. Diagram Mohr pengujian triaksial tanah III
 (Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium, 2019)

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Tinjauan Sifat Fisis dan Mekanis Tanah dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO ketiga sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam golongan A-7-5 yang berarti termasuk dalam golongan tanah berlempung. Ketiga jenis tanah ini termasuk tanah lempung yang biasa sampai dengan jelek sebagai bahan tanah dasar. Sedangkan untuk sistem klasifikasi USCS tanah titik I merupakan tanah berbutir halus kelompok MH-OH yaitu lanau anorganik atau pasir halus, lanau yang elastis dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Tanah titik II merupakan tanah berbutir halus kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Tanah titik III merupakan tanah berbutir halus kelompok MH-OH yaitu lanau anorganik atau pasir halus, lanau yang elastis dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.
2. Parameter kuat geser tanah berupa nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) yang diperoleh dari pengujian *triaxial unconsolidated-undrained* untuk tanah I sebesar 0,015 kg/cm² dan 12,37°. Untuk tanah II sebesar 0,012 kg/cm² dan 9,31°. Untuk tanah III sebesar 0,014 kg/cm² dan 11,21°. Dalam pekerjaan perkerasan jalan nilai kohesi dan sudut geser dalam mengarah pada daya dukung tanah sebagai tanah dasar. Sedangkan dalam pekerjaan bangunan biasanya digunakan untuk pondasi dalam, seperti dinding penahan tanah dan bangunan sederhana satu atau dua lantai.
2. Dalam pekerjaan bangunan gedung, nilai kohesi dan sudut geser dalam memang diperlukan terkait dengan daya dukung tanah dalam penentuan jenis pondasi yang cocok yang akan digunakan. Sebaiknya dilakukan penambahan kedalaman pengambilan tanah.
3. Penelitian yang lebih luas dan komprehensif masih diperlukan seperti pertimbangan kedalaman pengambilan tanah dan pengujian yang terkait dengan nilai CBR karena data CBR sangat diperlukan dalam pekerjaan perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, dalam Silalahi, Mulia Luther, (2014), *Studi Karakteristik Kuat Geser Pada Jenis Tanah Lunak Dengan Menggunakan Alat Vane Shear*, Skripsi, Bandar Lampung.
- Hardiyatmo, Hary Christady, (2002), *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hendarsin, dalam Silalahi, Mulia Luther, (2014), *Studi Karakteristik Kuat Geser Pada Jenis Tanah Lunak Dengan Menggunakan Alat Vane Shear*, Skripsi, Bandar Lampung.
- Jafri, Muhammad, (2009), *Perbaikan Pengembangan Tanah Menggunakan Zat Additive Kapur dengan Pemodelan Alat Konsolidasi*, Jurnal Rekayasa Vol. 13 No. 3, Bandar Lampung.
- M. Das, Braja, (1995), *Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, PT. Glora Aksara Pratama, Jakarta.
- Putra, Effendi Warsito, (2009), *Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Jumapolo Karanganyar*.
- Rama Indera Kusuma, Enden Mina, Ismaul Ikhsan, (2016), *Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah*, Jurnal Fondasi, Vol.V No 2, Banten.
- Rama Indera Kusuma, Enden Mina, Naufal Fakhri, (2018), *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah Gypsum*, Jurnal Fondasi, Vol.VI No 1, Banten.
- Silalahi, Mulia Luther, (2014), *Studi Karakteristik Kuat Geser Pada Jenis Tanah Lunak Dengan Menggunakan Alat Vane Shear*, Skripsi, Bandar Lampung.
- SNI-03-4813-1998 Rev 2004 *Cara Uji Triaksial Untuk Tanah Kohesif dalam Keadaan Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase (UU)*.
- SNI 3423-2008 *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian, analisis dan pembahasan yang dilakukan maka saran yang dapat diberikan adalah:

1. Tanah dalam penelitian ini termasuk tanah lempung dengan plastisitas sedang sampai tinggi, artinya kurang baik untuk mendirikan pondasi bangunan. Solusinya adalah dengan melakukan perbaikan tanah atau stabilisasi tanah dan harus memperhatikan jenis pondasi yang cocok untuk mendirikan bangunan. Tanah ini juga termasuk tanah biasa sampai jelek sebagai tanah dasar untuk perkerasan jalan. Solusinya dalam pekerjaan jalan dapat menggunakan tanah urugan biasa.

- SNI 1964-2008 *Cara Uji Berat Jenis Tanah.*
- SNI 1965-2008 *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium.*
- SNI 1966-2008 *Cara Uji Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah.*
- SNI 1967-2008 *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah.*
- Sukirman, dalam Silalahi, Mulia Luther, 2014, *Studi Karakteristik Kuat Geser Pada Jenis Tanah Lunak Dengan Menggunakan Alat Vane Shear*, Skripsi, Bandar Lampung.
- Tim Dosen Teknik Sipil Universitas Brawijaya, (2017), *Manual Prosedur Praktikum Mekanika Tanah I*, Universitas Brawijaya, Malang.
- <http://www.google.com//sifat-sifat-fisis-dan-geoteknis-tanah>. diakses 1 maret 2019.

EVALUASI PRODUKSI OVERBURDEN DI PIT SMD2 PT. PAMAPERSADA NUSANTARA DISTRIK KIDECO JAYA AGUNG KALIMANTAN TIMUR

Citcy Tiurmaida Manullang¹⁾, Juanita R. Horman²⁾

^{1) 2)} Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Email: ¹⁾tiurmaidacity07@gmail.com, ²⁾j.horman@unipa.ac.id

Abstract

Overburden is a top layer that usually covers the coal layer mined. This layer contains material that has no nutrients and is usually structured by other various rock layers. Therefore, activities regarding excavation and loading of overburden is very important in order to obtain coal to be produced. In mining operation, it is necessary to evaluate overburden production in a certain period, so that it can be used to increase production in the next period, and to identify the problems occurred in the pit during production calculations. The results from the operation of a PC 3000 include 95% of PA, 50% of UA, 718.74 Bcm/day of productivity and 246,835.76 Bcm of actual production. According to the actual calculations in the SMD2 Pit, the production of PT. PAMA does not achieve target as planned, so a further analysis needed to be taken to assess the biggest cause of loss in the pit. The results highlight that the main parameters for the loss in the pit include rain, slippery, and waiting for equipment.

Keywords: *Production, Production Actual and Planning Comparison*

Abstrak

Overburden merupakan lapisan yang berada di bagian atas dan menutupi lapisan batubara yang akan ditambang. Lapisan ini berisikan material yang tidak memiliki unsur hara, lapisan ini biasanya tersusun atas lapisan-lapisan batuan yang beragam. Kegiatan penggalian dan pemuatan overburden sangat penting dilakukan untuk mengambil sejumlah batubara yang ingin diproduksi. Pada kegiatan penambangan perlunya dilakukan evaluasi produksi overburden untuk meningkatkan produksi pada periode selanjutnya dan mengetahui permasalahan yang terjadi pada pit tersebut ketika dilakukan evaluasi perhitungan produksi. Pada salah satu PC 3000 didapatkan hasil PA 95%, UA 50%, produksi 718,74 Bcm/hari dengan produksi aktual 246.835,76 bcm. Berdasarkan perhitungan aktual di Pit SMD2, maka produksi PT. PAMA tidak tercapai sehingga perlu dianalisis penyebab loss terbesar pada pit tersebut. Hasil evaluasi menunjukkan parameter terbesar adalah rain, slippery, dan wait equipment.

Kata kunci: Produksi, Perbandingan Produksi Aktual dan Perencanaan

PENDAHULUAN

PT. Pamapersada Nusantara (PT. PAMA) melakukan kegiatan penambangan secara mandiri sejak tahun 1993. Salah satu komoditas yang ditambang adalah batubara pada Distrik Kideco.

PT. PAMA Distrik Kideco mengambil bagian dalam mengerjakan penambangan daerah *Pit* Roto Selatan (*Pit* Rosel), *Pit* Samurangau-D2 (*Pit* SMD2) dan *Pit* Roto Selatan Blok G (RTSG) milik PT. Kideco Jaya Agung (PT. KJA). PT. KJA merupakan perusahaan tambang batubara terbesar ketiga di Indonesia dan PT. PAMA menjadi salah satu kontraktor di dalamnya dengan persentase kepemilikan saham terbesar. Masing-masing *pit* tersebut mempunyai target produksi pengupasan *overburden* (OB) yang berbeda-beda (Tabel 1).

OB merupakan lapisan yang berada di bagian atas dan menutupi lapisan batubara yang akan ditambang. Lapisan ini berisikan material yang tidak memiliki unsur hara, lapisan ini biasanya

tersusun atas lapisan-lapisan batuan yang beragam. Kegiatan penggalian dan pemuatan OB sangat penting dilakukan untuk mengambil sejumlah batubara yang ingin diproduksi.

PT. PAMA Distrik Kideco memproduksi OB sebesar 72.000.000 bcm dan batubara mencapai 10.200.000 ton dari total keseluruhan produksi di PT. KJA, atau *stripping ratio* (SR) sebesar 7,0588 bcm/ton. Berdasarkan tabel 1 dan 2, *Pit* SMD2 memiliki produksi yang kurang memuaskan karena secara aktual berada di bawah target.

Sebagai upaya dalam memenuhi target produksi OB pada *Pit* SMD2 maka perlu dilakukan evaluasi produksi OB dengan cara menghitung produksi aktual OB pada *Pit* SMD2 dan membandingkannya dengan produksi yang direncanakan oleh PT. PAMA. Selanjutnya dilakukan analisis terkait permasalahan yang terjadi pada *pit* tersebut sehingga produksi dapat ditingkatkan pada periode selanjutnya

Tabel 1. Target Produksi dan Produksi aktual OB PT.PAMA

Bulan	Produksi OB					
	Plan			Aktual		
	Roto	SMD2	RTSG	Roto	SMD2	RTSD
Januari	3.810.000,00	900.000,00	0,00	4.160.261,93	1.067.137,48	0,00
Febuari	3.440.000,00	1.050.000,00	126.785,00	3.848.791,51	851.152,63	135.013,56
Maret	3.270.000,00	1.340.000,00	513.127,00	3.227.972,62	775.283,37	515.120,59
April	3.150.000,00	1.330.000,00	1.016.808,00	3.518.642,57	987.348,62	1.038.429,69

Tabel 2. Deviasi dan Achievement OB PT.PAMA

Bulan	Produksi OB					
	Deviasi			Achievement (%)		
	Roto	SMD2	RTSG	Roto	SMD2	RTSD
Januari	350.261,93	167.137,48	0,00	109%	119%	0%
Febuari	408.791,51	198.847,37	8.228,56	112%	81%	106%
Maret	42.027,38	564.716,63	1.993,59	99%	58%	100%
April	368.642,57	342.651,38	21.621,69	112%	74%	102%

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksplanatori. Adapun teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu:

1. Observasi
 Obeservasi adalah pengamatan dan pencatatan sesuatu obyek dengan sistematika fenomena yang diselidiki. Observasi dapat dilakukan sesaat ataupun mungkin dapat diulang.
2. Interview
 Interview adalah suatu proses tanya jawab dengan dua orang atau lebih berhadapan secara fisik, yang satu dapat melihat muka yang lain dan mendengar dengan telinga sendiri dari suaranya.
3. Studi dokumentasi
 Studi dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data yang ditujukan kepada subyek penelitian. Dokumen dapat berupa catatan pribadi, surat pribadi, buku harian, laporan kerja, notulen rapat, rekaman video, foto dan lainnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Physical Availability

Merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan. Persamaannya untuk *Physical Availability* (PA) adalah:

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100 \% \tag{1}$$

Dengan W adalah jumlah jam kerja efektif, R adalah jumlah jam perbaikan alat dan S adalah jumlah jam suatu alat yang tidak dapat dipergunakan pada hal alat tersebut tidak rusak dan dalam keadaan siap beroperasi. W+R+S adalah jumlah seluruh jam jalan dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.

Use of Availability

Menunjukkan berapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dipergunakan (available). Persamaannya untuk *use of availability* (UA) adalah:

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100 \% \tag{2}$$

Produksi

Produksi PT. PAMA dihitung menggunakan persamaan:

$$P_j = \frac{P_H}{W} \tag{3}$$

Dengan P_j adalah produksi efektif dalam satu jam (bcm/jam), P_H adalah produksi yang dihasilkan dalam satu hari (bcm/hari).

Produksi Aktual

Produksi aktual PT. PAMA dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{AC} = N \times P_j \times PA \times UA \times Sc \text{ Hours} \tag{4}$$

Dengan P_{AC} adalah produksi aktual (bcm), N adalah jumlah alat dan Sc Hours adalah jam kerja.

HASIL

PT. PAMA Distrik Kideco menggunakan *backhoe* untuk pengupasan OB pada Pit SMD2.

Tabel 3. Peralatan

Alat	Unit	Jumlah
PC 3000	EX 3001	1
PC 2500	EX 731	1
PC 2000	EX 1723	1
PC 2000	EX 1728	1
PC 1250	EX 1030	1

Tabel 4. Total *Repair* dan *Standby* (jam)

Unit	R	S	W
EX 3001	33,69	370,70	373,30
EX 731	38,07	371,55	372,45
EX 1723	20,93	401,82	342,18
EX 1728	15,99	378,15	364,85
EX 1030	65,64	345,85	398,15

Physical Availability

Perhitungan *Physical Availability Backhoe* EX 3001 sebagai berikut:

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\%$$

$$PA = \frac{373,30+370,70}{373,30+33,69+370,70} \times 100\%$$

$$PA = 95 \%$$

Perhitungan *Physical Availability* selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Use Of Availability

Perhitungan *Use of Availability Back Hoe* EX 3001 sebagai berikut:

$$U.A = \frac{W}{W+S} \times 100\%$$

$$U.A = \frac{373,30}{373,30+370,70} \times 100\%$$

$$U.A = 50\%$$

Perhitungan *Use of Availability* selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. *Physical Availability* dan *Use of Availability*

UNIT	PA (%)	UA (%)
EX 3001	95%	50%
EX 731	95%	50%
EX 1723	97%	46%
EX 1728	98%	51%
EX 1030	91%	54%

Produksi

Produksi *Back Hoe* EX 3001 dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_J = \frac{P_H}{W}$$

$$P_J = \frac{13.742,27 \text{ bcm/hari}}{19,12 \text{ jam/hari}}$$

$$P_J = 718,74 \text{ bcm/jam}$$

Perhitungan produksi *Back Hoe* EX 3001 selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. *Productivity Back Hoe* EX 3001

No	P _H (bcm/hari)	W (jam/hari)	P _J (bcm/jam)
1	13.742,27	19,12	718,74
2	5.096,95	6,95	733,37
3	5.942,72	8,6	691,01
4	6.571,29	9,14	718,96
5	14.927,84	19,29	773,86
6	5.435,72	6,85	793,54
7	4.942,01	6,49	761,48
8	2.213,58	3,57	620,05
9	971,13	1,69	574,63
10	11.017,73	13,85	795,50
11	10.568,57	14,74	717,00
12	5.809,60	8,46	686,71
13	8.404,40	12,14	692,29
14	7.298,42	10,5	695,09
15	9.134,69	13,91	656,70
16	4.215,54	7,08	595,42
17	8.599,00	13,81	622,66
18	8.958,02	14,77	606,50
19	6.552,76	9,29	705,36
20	10.309,30	16,54	623,30
21	7.780,57	13,89	560,16
22	11.914,63	16,83	707,94
23	12.355,50	17,46	707,65

No	P _H (bcm/hari)	W (jam/hari)	P _J (bcm/jam)
24	12.957,18	18,32	707,27
25	4.356,06	5,36	812,70
26	8.280,47	10,44	793,15

Produksi Aktual

Perhitungan Produksi Aktual *Back Hoe* EX 3001 adalah sebagai berikut:

$$P_{AC} = N \times P_J \times PA \times UA \times Sc \text{ Hours}$$

$$P_{AC} = 1 \times 698,46 \text{ bcm/jam} \times 95\% \times 50\% \times 744 \text{ jam}$$

$$P_{AC} = 246.835,76 \text{ bcm}$$

Perhitungan produksi aktual *Back Hoe* yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. *Produksi Aktual*

Unit	P _J (bcm/hrs)	P _{AC} (bcm)
EX 3001	698,46	246.835,76
EX 731	779,42	275.447,03
EX 1723	604,42	200.651
EX 1728	597,55	222.199,68
EX 1030	334,14	122.162,12
Jumlah		1.067.295,59

Achievement Produksi

Pencapaian produksi OB di Pit SMD2 dapat dilihat pada Gambar 1.

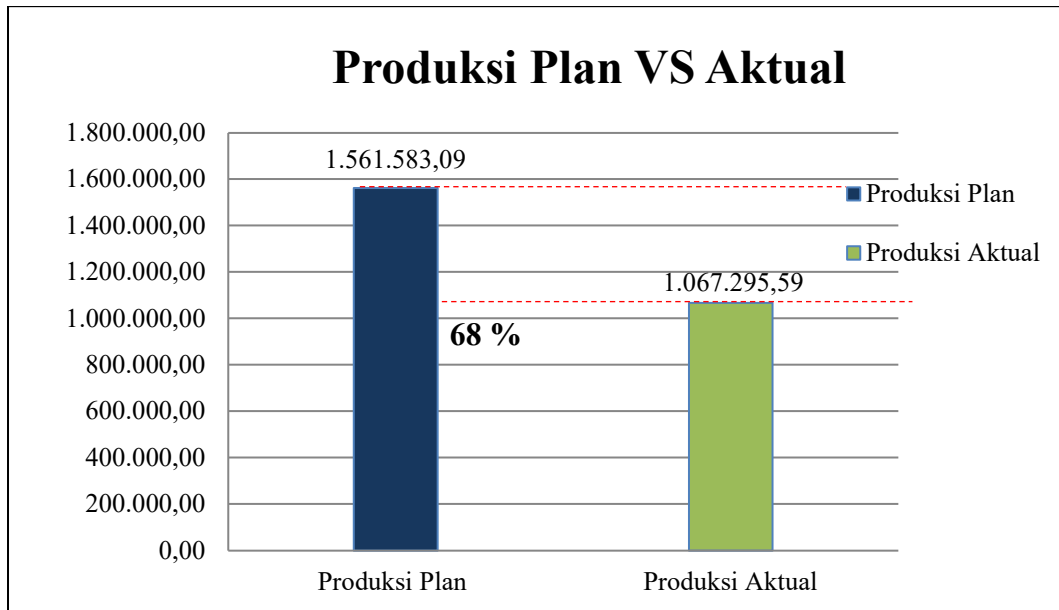
Berdasarkan Gambar 1 *achievement* produksi di Pit SMD2 sebesar 68%. Yang diperoleh dari:

$$Achievement = \frac{\text{Aktual}}{\text{plan}} \times 100\% \tag{5}$$

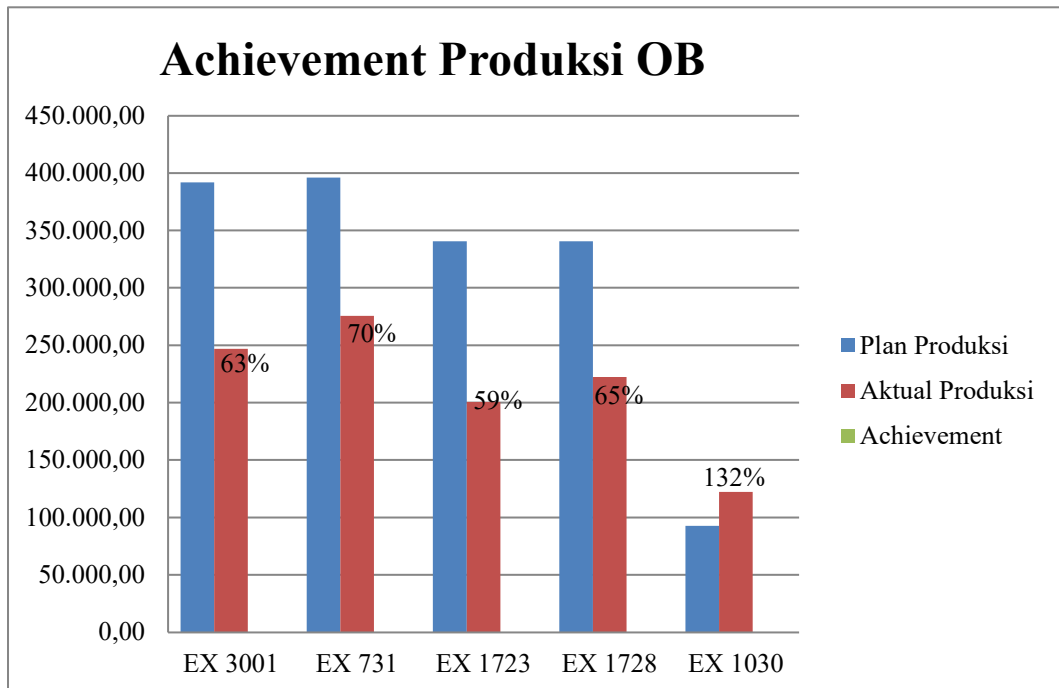
Sedangkan secara *performance* (kinerja) masing-masing unit, pencapaian produksinya bisa dijelaskan sesuai dengan *achievement* produksi Tabel 8, tergambar pada Gambar 2.

Tabel 8. *Produksi Achievement* Aktual

UNIT	Plan produksi (bcm)	Aktual produksi (bcm)	Achiev (%)
EX 3001	391.716,00	246.835,76	63
EX 731	396.068,40	275.447,03	70
EX 1723	340.618,82	200.651,00	59
EX 1728	342.618,82	222.199,68	65
EX 1030	92.561,04	122.162,12	132



Gambar 1. Plan Produksi VS Aktual Produksi



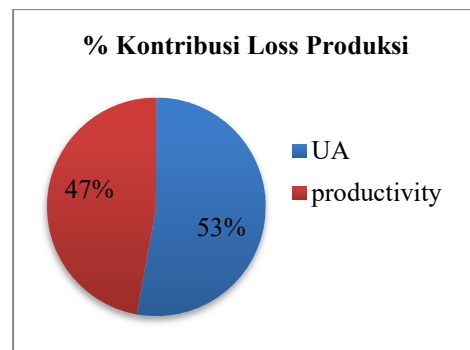
Gambar 2. Achievement Produksi Plan vs Aktual

Berdasarkan Gambar 2 sebanyak empat unit PC produksi aktualnya di bawah target dan hanya 1 unit yang produksi aktualnya di atas target.

Oleh karena itu perlu dianalisis guna menentukan *loss* presentasi kontribusi terbesar ketidaktercapaian produksi.

Kontribusi *Loss* Aktual Produksi OB

Kontribusi terbesar *loss* aktual produksi disebabkan oleh UA sebesar 55% dan produksi sebesar 45% (Gambar 3).



Gambar 3. Persentasi *Loss* Aktual

Problem

Ketidaktercapaian Produksi

Problem ketidaktercapaian produksi pada Pit SMD2 untuk PC 3000 adalah material original, material non blasting dan *traffic density over area disposal* (Gambar 4).

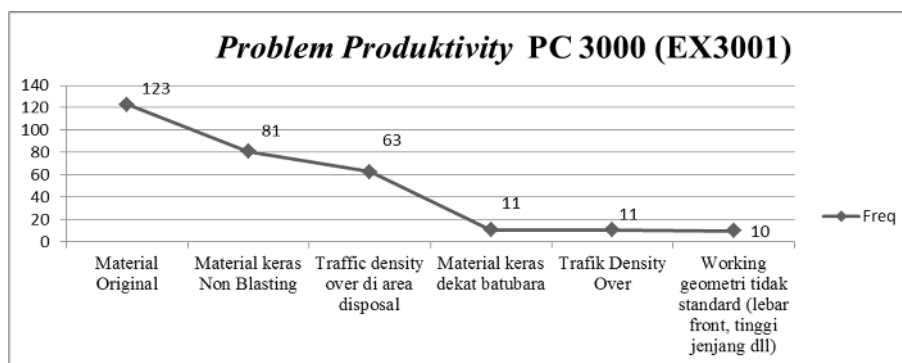
Untuk PC 2500 problem terbesar penyebab ketidaktercapaian produksi adalah material original, material *non blasting*, dan *traffic density over area disposal* (Gambar 5).

Untuk PC 2000 EX 1723 problem penyebab ketidaktercapaian produksi terbesar adalah material standar (Gambar 8).

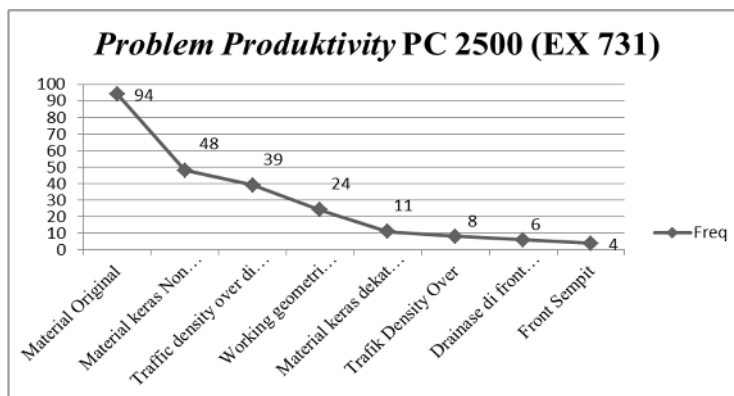
original, material *non blasting*, dan dudukan manuver (Gambar 6).

Untuk PC 2000 EX 1728 problem terbesar penyebab ketidaktercapaian produksi yaitu material *original*, dudukan *manuver*, dan *traffic density over area disposal* (Gambar 7).

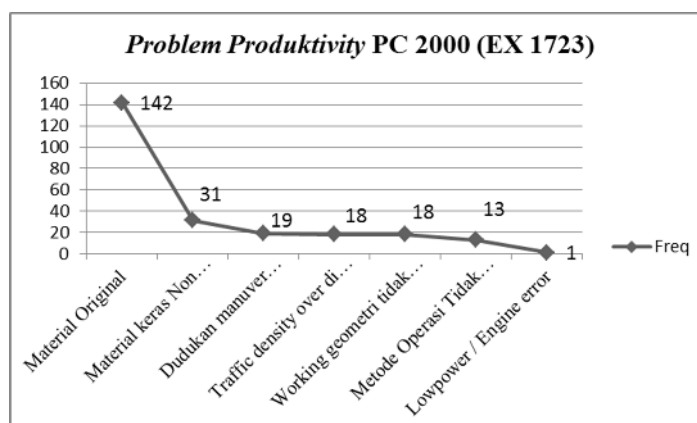
Untuk problem produksi PC 1250 adalah material *original*, material keras *non blasting*, dan metode operasi tidak



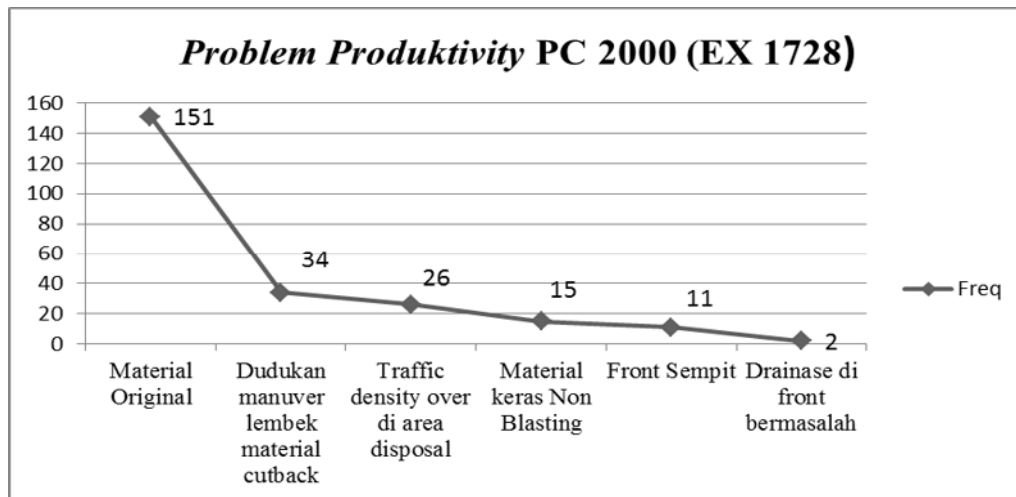
Gambar 4. Pareto Problem Produksi PC 3000



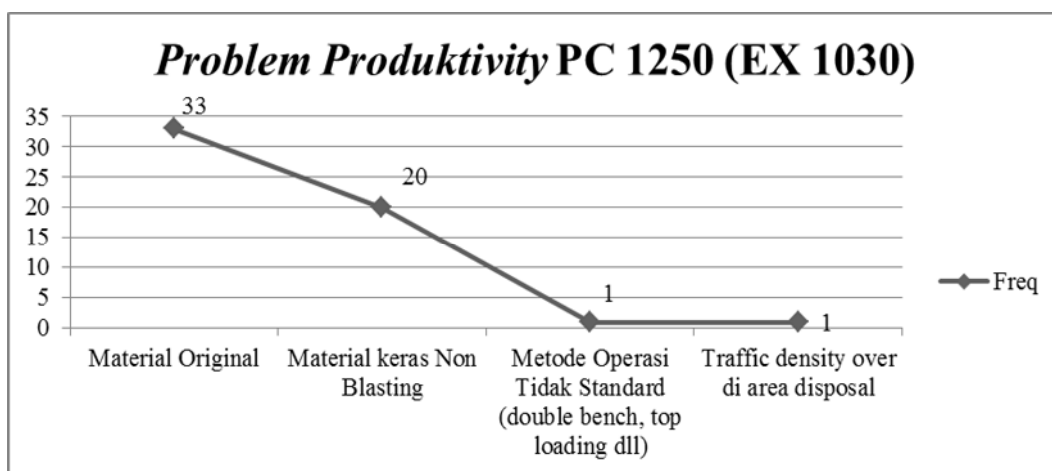
Gambar 5. Pareto Problem Produksi PC 2500



Gambar 6. Pareto Problem Produksi PC 2000 EX 1723



Gambar 7. Pareto Problem Produksi PC 2000 EX 1728

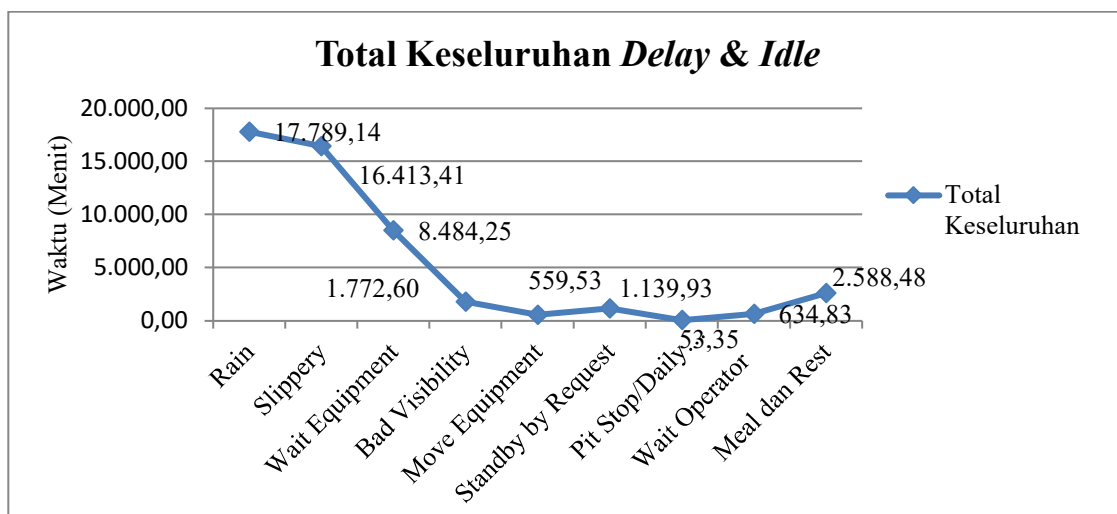


Gambar 8. Pareto Problem Produksi PC 1250

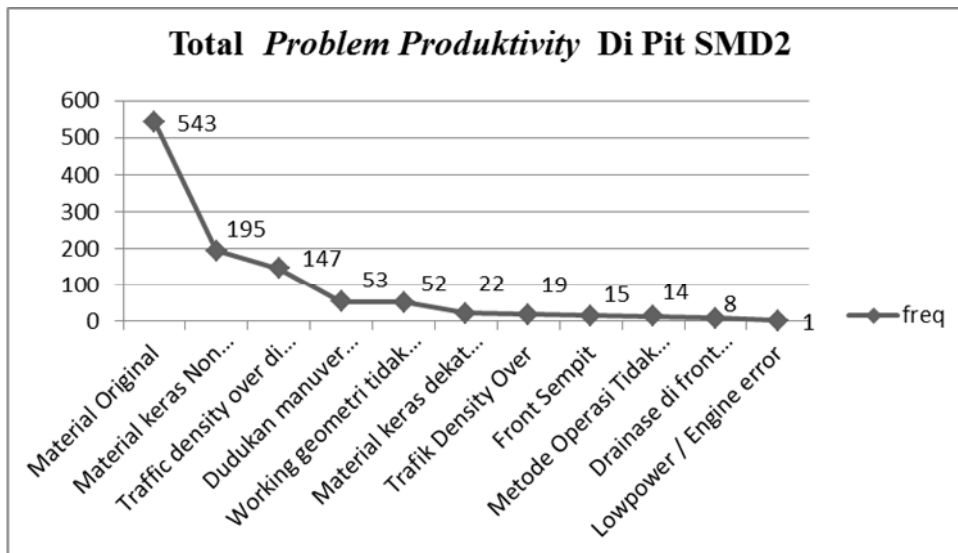
Ketidaktercapaian UA dan Produksi Backhoe

Penyebab ketidaktercapaian UA adalah *rain, slippery, wait equipment, bad visibility, move equipment, standby by request, pit stop/daily check, wait operator, meal dan rest* (Gambar 9).

Sedangkan ketidaktercapaian produksi disebabkan oleh material original, material keras *non blasting*, dan *traffic density over* (Gambar 10).



Gambar 9. Total delay & idle Backhoe di Pit SMD2



Gambar 10. Problem Produksi *Backhoe* di Pit SMD2

Parameter terbesar penyebab ketidaktercapain UA adalah *rain*, *slippery*, dan *wait equipment*. Parameter tersebut ada yang bisa kontrol dan ada yang tidak bisa dikontrol. Berikut ini parameter UA yang bisa dikontrol yaitu:

1. *Slippery Time*

Untuk mengurangi *Slippery Time* sebenarnya bisa dilakukan dengan cara membentuk *All Weather Road* yaitu jalan yang bisa dilalui untuk beroperasi tanpa tergantung oleh cuaca, dengan menambahkan material perkerasan jalan.

2. *Wait Equipment*

Untuk mengurangi *Wait Equipment*, perlu memperhatikan pengantaran operator OB pada alat angkut, pembagian area parkir di *front* dan *disposal* harus seimbang pada saat *rest time*, dan meminimalkan putaran alat angkut abnormal di *disposal*.

KESIMPULAN

1. Pit SMD2 memiliki produksi yang kurang memuaskan karena secara aktual berada di bawah target.
2. Parameter terbesar penyebab ketidaktercapain UA adalah *rain*, *slippery*, dan *wait equipment*.

DAFTAR PUSTAKA

Indonesianto Yanto, 2006 *Pemindahan Tanah Mekanis*, UPN Veteran, Yogyakarta.

Prodjosumarto Partanto, (1996), *Pemindahan Tanah Mekanis*, ITB, Bandung.

Prodjosumarto Partanto & Arif Irwandy, (1983), *Pengantar Teknologi Mineral*, ITB, Bandung.

Rostiyanti, Susi Fatena, (2008), *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.

Sukandarrumidi, (2006), *Metodologi Penelitian*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

KETERDAPATAN ALTERASI HIDROTERMAL PADA DAERAH WASEGI (SP3) DAN SEKITARNYA DISTRIK PRAFI KABUPATEN MANOKWARI PROPINSI PAPUA BARAT

Ailin Anastasia Yarangga

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Email: yaranggaailin@gmail.com

Abstract

The geology of Papua promises the availability of various metal minerals. This is because the island of Papua was formed by the convergency of two plates namely the Australian and Pacific Plates which forms subduction zones. The occurrence of tectonic activities has allowed mineral and coal commodities to be appeared upwards to the surface. The purpose of this research is to find out the alteration processes that develop in the study area. The aim is to determine the hydrothermal alteration zonation in the Wasegi and its surrounding areas. Based on field observations, petrographic analysis, and XRD analysis, the alteration that is continuously occurred in the study area is classified into two zones, namely propylitic alteration zones and silicic / silicified alteration zones. Alteration in this study area is also controlled by carrier lithology. Lithology that carries alteration is originated from diorite, while rocks that act as wallrock are schist. Both roles, burly structures and lithology, greatly influence the process of hydrothermal alteration formation since they are solid as the space where fluid is filled, and lithology as a carrier of hydrothermal liquid acts as a main factor in the alteration process.

Keywords: *Geology, Wasegi, Alteration, Hydrothermal*

Abstrak

Geologi Papua menjanjikan ketersediaan berbagai mineral logam, hal ini dikarenakan Pulau Papua terbentuk akibat adanya pertemuan dua lempeng yaitu Lempeng Australia dan Pasifik yang membentuk zona subduksi. Dengan terjadinya kegiatan tektonik berupa pengangkatan memungkinkan komoditas mineral dan batubara terangkat lebih dekat ke permukaan. Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui proses-proses alterasi yang berkembang pada daerah penelitian. Tujuannya untuk mengetahui zonasi alterasi hidrotermal pada daerah Wasegi dan sekitarnya. Berdasarkan pengamatan lapangan, analisis petrografi, dan analisis XRD alterasi yang berkembang di daerah penelitian terbagi menjadi dua zona alterasi yaitu zona alterasi propilitik dan zona alterasi silisik/silisifikasi. Alterasi pada daerah penelitian ini juga dikontrol oleh litologi pembawa, litologi yang membawa alterasi berasal dari diorit sedangkan batuan yang berperan sebagai wallrock adalah sekis. Kedua peran antara struktur kekar dan litologi sangat mempengaruhi proses terbentuknya alterasi hidrotermal, karena kekar sebagai ruang tempat terisi fluida, dan litologi sebagai pembawa dari larutan hidrotermal yang berperan sebagai faktor dalam proses alterasi.

Kata kunci: Geologi, Wasegi, Alterasi, Hidrotermal

PENDAHULUAN

Kondisi geologi Papua sangat menjanjikan untuk terdapatnya berbagai mineral logam, hal ini dikarenakan propinsi Papua yang terbentuk akibat adanya pertemuan 2 lempeng yaitu: Australia dan Pasifik yang membentuk zona subduksi. Dengan terjadinya kegiatan tektonik berupa pengangkatan memungkinkan bahan-bahan tambang terangkat lebih dekat ke permukaan.

Selain itu adanya proses magmatisme pada Kala pra – Tersier juga menjadikan daerah ini kaya akan bahan tambang, daerah penelitian merupakan salah satu daerah di Papua yang batuan dasarnya tersingkap dipermukaan. Dengan dilatarbelakangi hal tersebut maka penulis ingin mengetahui alterasi hidrotermal yang terdapat di daerah penelitian.

Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui proses-proses alterasi yang berkembang pada daerah penelitian. Sedangkan yang menjadi tujuan diangkatnya masalah ini yaitu untuk mengetahui zonasi alterasi hidrotermal pada daerah Wasegi dan sekitarnya dengan harapan dapat memberikan informasi dan manfaat kepada pemerintah daerah dan masyarakat setempat mengenai indikasi keterdapatannya mineral-mineral yang memiliki nilai ekonomis atau mineral-mineral logam berdasarkan kandungan mineral-mineral alterasi yang dijumpai pada daerah penelitian.

LOKASI PENELITIAN

Secara administratif daerah penelitian berada di daerah Wasegi (SP3), Distrik Prafi Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat dan secara geografis berada pada 0°54'00"-0°57'30"LS dan 133°45'30" - 133°50'30"BT.

GEOLOGI REGIONAL

Pada geologi regional lembar Manokwari, Manokwari meliputi lima mandala geologi yaitu Bongkah (Blok) Kemum, Bongkah Tamrau, Bongkah Arfak, Sistem sesar Sorong dan Ransiki.

Ada bagian tertentu dari mandala itu yang tertutup endapan aluvium dan litoral kuartar dataran Arfak. Bongkah Kemum terbentuk oleh Formasi Kemum (SDk) yang berumur silur hingga Devon berupa endapan malih derajat rendah hingga menengah, di utara bongkah itu dibatasi sesar Sorong dan Ransiki. Batuan endapan malih meliputi tubuh yang nampak memanjang, granitoid pejal, terdaunkan dan terabak. Di tempat yang terpetakan, tubuh batuan itu digolongkan ke dalam Granodiorit Wariki (TRw), yang sebagian besar berumur trias.

Batuan Bongkah Tamrau meluas dari Mar ke bagian Manokwari yang paling barat sebagai Formasi Tamrau (JKt) sesuai dengan kesamaannya di Mar (Pieter dkk., 1982). Satuan ini boleh jadi terdiri dari batuan klastika silika berbutir halus dengan umur yang berkisar dari Jura Tengah hingga Kapur Akhir. Di bagian barat ada bukit berbentuk sarang lebah, yang berkembang pada teras atau sumbat gunungapi dan tersusun dari breksi andesit, andesit berangan (Tqbe). Batuan ini mungkin memotong Formasi Tamrau, tetapi hubungan sentuhan terkubur oleh aluvium. Morfologi dengan sisipan batuan gunungapi dalam Formasi Befoor di Ransiki (Pieter dkk, dalam percetakan) dan dengan retas andesit berumur 2,23 dan 2,92 juta tahun umur satuan ini adalah Pli – Pliosen.

Bongkah Arfak meliputi dua satuan. Yang lebih tua adalah batuan gunungapi dan piroklastika, lava, dan batuan terobosan bersusun menengah hingga basa. Batugamping Maruni (Tmma) merupakan satuan atas dari bongkah Arfak. Walaupun sentuhannya dengan batuan lebih tua hilang di Manokwari, satuan itu sebagian selaras dan sebagian tak selaras menindih batuan gunungapi Arfak jauh di selatan Ransiki (Pieter dkk, dalam percetakan). Satuan ini tersusun dari karbonat berbutir halus, yang mengandung foraminifera berumur Miosen Awal hingga Miosen Tengah. Secara regional batugamping yang dijumpai di wilayah Maruni masuk kedalam batugamping Formasi Maruni (Ratman,1989).

Sistem sesar Sorong dan Ransiki adalah ketidaksinambungan kerak bumi yang mewilayah, yang masing – masing mengikuti arah ke barat dan utara – barat laut. Kedua struktur itu bersambung di Manokwari lewat endapan sesar yang terlenkungkan. Di Manokwari bagian barat sistem sesar Sorong meliputi bancuh tak terpisah-pisahkan (SFx), batuanya terdiri dari klastika silikat gampingan dan tak gampingan yang tersesarkan dan setempat terabak kuat, dan batugamping mengandung kepingan tektonik berupa batuan malihan dan granit yang tak lazim. Amonit dan foraminifera yang dikumpulkan dari batuan endapan di Mar bagian timur memperlihatkan bahwa fosil tersebut terkumpul sejak akhir Kapur hingga Miosen Tengah.

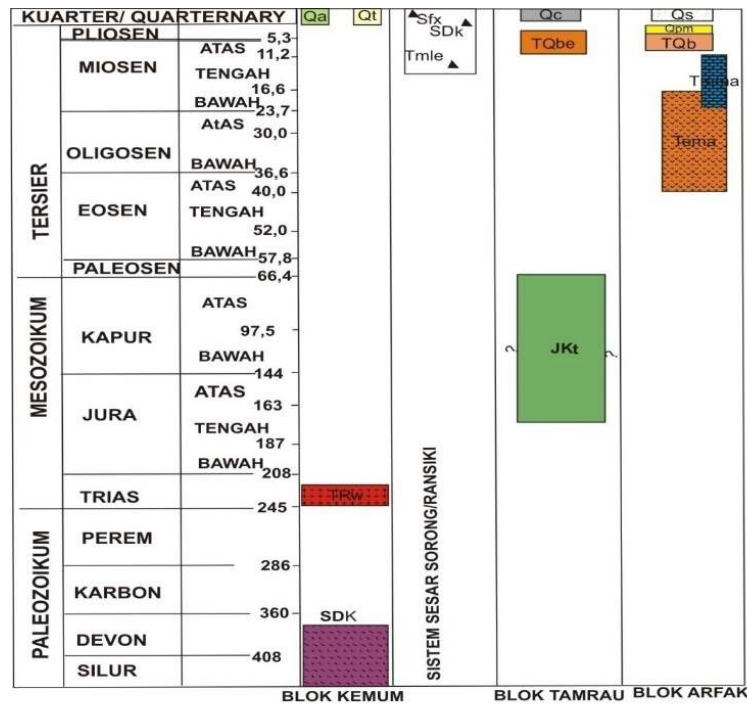
Diorit Lembai (Tmle) muncul sebagai tubuh menganta yang umumnya terabak sangat kuat, terubah dan berurat, umur terobosannya Miosen Tengah, secara regional intrusi diorit ini terdapat pada daerah Wasegi masuk kedalam Formasi diorit Lembai (Robinson dan Ratman,1978).

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Mar, Ransiki dan Manokwari (Pieters dan Hartono 1989), struktur geologi yang dapat diketahui adalah : struktur sesar dan perlipatan.

Sesar utama yang ada di wilayah Manokwari (Kepala Burung) adalah sistem sesar Sorong berarah relatif barat – timur, sistem sesar Ransiki berarah utara – barat daya dan sistem sesar Wondama berarah relatif utara – selatan. Sistem sesar yang ada selain mengontrol bentuk daerah Kepala Burung juga mengontrol arah sebaran batuan-batuan tertentu, membentuk pulau-pulau kecil dan selat, dicirikan dengan adanya pelurusan-

pelurusan. Selain sesar Sorong dan Ransiki yang merupakan sesar utama yang mengontrol stratigafi batuan-batuan tertentu juga terdapat banyak sesar kecil.

Banyak ditemukan pada Formasi Steenkol yaitu pada bagian selatan lembar Ransiki berarah umum barat laut – timur tenggara dan hampir utara selatan pada Formasi Klasafet. Struktur perlipatan banyak terjadi pada pengendapan bagian cekungan Bintuni (pada bagian Struktur lipatan terutama sangat berpotensi bagi cebakan minyak bumi (pada bagian selatan) dan Mandala Kepala Burung bagian tengah terjadi sekitar Mio – Pilosen.



KETERANGAN :

- Qs Hancuran Tanah Longsor
- Qa Endapan Aluvium dan Litoral
- Qt Endapan Undak Aluvium
- Qc Terumbu Karang Terangkat
- Qpm Formasi Manokwari
- TQb Formasi Befoor
- SFX Bancuh Tak Terpisahkan di dalam Sistem Sesar Sorong
- Tmba Diorit Lembai
- Tema Batugamping Maruni
- Jkt Formasi Tamrau
- TRW Granodiorit Wariki
- SDK Formasi Kemum

Gambar 1. Kolom Stratigrafi Regional (Robinson, dkk 1978)

TINJAUAN PUSTAKA

Alterasi Hidrotermal

Bateman (1956), menyatakan bahwa larutan hidrotermal adalah suatu cairan atau fluida yang panas, kemudian bergerak naik ke atas dengan membawa komponen-komponen mineral logam, fluida ini merupakan larutan sisa yang dihasilkan pada proses pembekuan magma. Alterasi dan mineralisasi adalah suatu bentuk perubahan komposisi pada batuan baik itu kimia, fisika ataupun mineralogi sebagai akibat pengaruh cairan hidrotermal pada batuan, perubahan yang terjadi dapat berupa rekristalisasi, penambahan mineral baru, larutnya mineral yang telah ada, penyusunan kembali komponen kimia-nya atau perubahan sifat fisik seperti permeabilitas dan porositas batuan (Pirajno, 1992).

Alterasi dan mineralisasi bisa juga termasuk dalam proses pergantian unsur-unsur tertentu dari mineral yang ada pada batuan dinding digantikan oleh unsur lain yang berasal dari larutan hidrotermal sehingga menjadi lebih stabil. Proses ini berlangsung dengan cara pertukaran ion dan tidak melalui proses pelarutan total, artinya tidak semua unsur penyusun mineral yang digantikan melainkan hanya unsur-unsur tertentu saja. Alterasi hidrotermal merupakan proses yang kompleks yang melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, tekstur, dan hasil interaksi fluida dengan batuan yang dilewatinya. Perubahan-perubahan tersebut akan bergantung pada karakter batuan dinding, karakter fluida (Eh, pH), kondisi tekanan maupun temperatur pada saat reaksi berlangsung, konsentrasi, serta lama aktifitas hidrotermal. Walaupun faktor-faktor di atas saling terkait, tetapi temperatur dan kimia fluida kemungkinan merupakan faktor yang paling berpengaruh pada proses alterasi hidrotermal.

Menurut Corbett dan Leach (1996), faktor yang mempengaruhi proses alterasi hidrotermal adalah sebagai berikut:

a. Temperatur dan tekanan

Peningkatan suhu membentuk mineral yang terhidrasi lebih stabil, suhu juga berpengaruh terhadap tingkat kristalinitas mineral, pada suhu yang lebih tinggi akan membentuk suatu mineral menjadi lebih kristalin, menurut White (1996), kondisi suhu dengan tekanan dapat dideterminasi berdasarkan tipe alterasi yang terbentuk. Temperatur dan tekanan juga berpengaruh terhadap kemampuan larutan hidrotermal untuk bergerak, bereaksi dan berdifusi, melarutkan serta membawa bahan-

bahan yang akan bereaksi dengan batuan samping.

b. Permeabilitas

Permeabilitas akan menjadi lebih besar pada kondisi batuan yang terekahkan serta pada batuan yang berpermeabilitas tinggi hal tersebut akan mempermudah pergerakan fluida yang selanjutnya akan memperbanyak kontak reaksi antara fluida dengan batuan.

c. Komposisi kimia dan konsentrasi larutan hidrotermal

Komposisi kimia dan konsentrasi larutan panas yang bergerak, bereaksi dan berdifusi memiliki pH yang berbeda-beda sehingga banyak mengandung klorida dan sulfida, konsentrasi encer sehingga memudahkan untuk bergerak.

d. Komposisi batuan samping

Komposisi batuan samping sangat berpengaruh terhadap penerimaan bahan larutan hidrotermal sehingga memungkinkan terjadinya alterasi.

Pada kesetimbangan tertentu, proses hidrotermal akan menghasilkan kumpulan mineral tertentu yang dikenal sebagai himpunan mineral (*mineral assemblage*) (Corbett & Leach, 1996). Secara umum himpunan mineral tertentu akan mencerminkan tipe alterasinya.

Tipe Endapan Hidrotermal

Berdasarkan jauh dekat terjadinya proses alterasi hidrotermal, serta temperatur dan tekanan pada saat terbentuknya mineral-mineral, Lingrend (1983) dan Bateman (1956) membagi tiga golongan alterasi hidrotermal, yaitu:

1. Endapan Hipotermal dengan ciri sebagai berikut:

- a. Endapan berasosiasi dengan dike (korok) atau *vein* (urat) dengan kedalaman yang besar.
- b. *Wall Rock Alteration*, dicirikan oleh adanya *replacement* yang kuat dengan asosiasi mineral albit, biotit, kalsit, pirit, kalkopirit, kasiterit, emas, hornblende, plagioklas, dan kuarsa.
- c. Asosiasi mineral sulfida dan oksida pada intrusi granit sering diikuti pembentukan mineral logam, yaitu Au, Pb, Sn, dan Zn.
- d. Tekanan dan temperatur relatif paling tinggi yaitu 500°C – 600°C.
- e. Merupakan jebakan hidrotermal paling dalam.

2. Endapan mesotermal mempunyai ciri-ciri:

- a. Endapan berupa *cavity filling* dan kadang-kadang mengalami proses *replacement* dan pengkayaan.
 - b. Asosiasi mineral klorit, emas, serisit, kalsit, pirit, kuarsa.
 - c. Asosiasi mineral sulfida dan oksida batuan beku asam dan batuan beku basa dekat dengan permukaan.
 - d. Tekanan dan temperatur medium, yaitu 300°C – 372°C.
 - e. Terletak di atas hipotermal.
3. Endapan epitermal mempunyai ciri-ciri:
 - a. Endapan dekat dengan permukaan dan *replacement* tidak pernah dijumpai.
 - b. Asosiasi mineral kalsit, klorit, kalkopirit, dolomit, emas, kaolin, muskovit, zeolit, dan kuarsa.
 - c. Asosiasi mineral logam (Au dan Ag) dengan mineral *gangue*.
 - d. Tekanan dan temperatur rendah yaitu 50°C – 300°C.

Proses Alterasi Hidrotermal

Proses alterasi hidrotermal akan tergantung daripada kondisi-kondisi geologi zona jebakan, antara lain aspek fisik, kimia, dan temperatur baik dari pengaruh larutan magma maupun dari pengaruh-pengaruh luar lainnya. Proses-proses alterasi hidrotermal tersebut antara lain Kaolinisasi, Serisitisasi, Silisifikasi, Propilitisasi dan Saussuritisasi.

1. Kaolinisasi

Menurut Reyes dan Watson (1958) bahwa alkali feldspar dan plagioklas asam dapat berubah menjadi mineral kaolin karena proses pelapukan yang intensif dan disertai dengan penggantian unsur K secara sempurna.

Kaolin dapat pula terjadi di bawah kondisi hidrotermal. Pada ortoklas, mineral kaolin akan terlihat seperti kabut, sedangkan pada plagioklas asam kaolin akan terlihat seperti bintik-bintik dalam satu warna. Kaolinisasi terjadi karena pengaruh larutan sisa magma dan dapat pula terjadi karena sirkulasi vertikal ataupun lateral dari air permukaan.

2. Serisitisasi

Menurut Reyes dan Watson (1958), proses pelapukan mineral feldspar teralterasi menjadi serisit. Proses ini disebabkan oleh larutan sisa magma dan gas air permukaan yang mengandung gas CO. Pada umumnya proses serisitisasi terjadi pada daerah dekat dengan *vein* dan dekat dengan sumber panas. Biasanya proses serisitisasi mengakibatkan penambahan

mineral serisit dan kuarsa sekunder yang berasal dari feldspar. Mineral serisit yang terbentuk akan terlihat seperti bintik-bintik halus bersama kuarsa halus dalam feldspar.

3. Silisifikasi

Proses ini terjadi karena introduksi (pemasukan) silikat oleh larutan magma akhir. Silisifikasi biasanya terbentuk dari alterasi yang berhubungan dengan pengendapan bijih primer dan dapat pula terjadi pada *post alteration*, yaitu suatu pengisian pada rongga atau rekahan dari pengaruh luar atau pengaruh dari dalam batuan itu sendiri. Peristiwa ini sering terjadi pada batuan asam, dan sangat jarang dijumpai pada batuan basa. Kadang-kadang kuarsa terbentuk sebagai rijang dan struktur asli dari batuan masih terlihat.

4. Propilitisasi

Menurut Watson (1958), propilitisasi adalah hasil alterasi hidrotermal yang disertai pemasukan yang terbentuk setempat. Kemungkinan mineral yang terbentuk adalah karbonat, silikat sekunder, klorit, dan sulfida sekunder. Proses akan terjadi secara maksimal jika batuan berbutir sedang pada daerah mesotermal ataupun epitermal bawah. Proses propilitisasi terjadi disebabkan larutan hidrotermal mengandung asam sulfida pada batuan beku asam sampai intermediet. Proses ini merupakan campuran dari kwarsa, klorit, alkali feldspar, zeolit, dan disertai adanya pirit. Banyak propilit ditemukan berhubungan dengan tubuh bijih. Kenampakan alterasi ini pada tingkat awal, ditandai dengan warna hijau kecoklatan yang disebabkan oleh perubahan hornblende dan biotit menjadi klorit.

5. Saussuritisasi

Proses ini terjadi karena pengaruh larutan hidrotermal dan sirkulasi air permukaan yang mengakibatkan berubahnya plagioklas menjadi mineral-mineral saussurit, yaitu klorit, albit, kalsit, hornblende, aktinolit, prehnit, dan epidot.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode penelitian lapangan, yaitu melakukan pemetaan geologi pada daerah penelitian meliputi, geomorfologi, litologi, stratigrafi, dan struktur geologi. Penelitian ini juga menggunakan metode analisis petrografi dan *X-ray Powder Diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi mineral ubahan dan mineral bijih.

Tabel 1. Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (Creasey, 1966; Lowell and Guilbert, 1970).

Tipe	Mineral Kunci	Mineral Asesoris	Keterangan
Propilitik	Klorit Epidot Karbonat	Albit Kuarsa Kalsit Pirit Lempung / Illit Oksida Besi	Temperatur 200-300°C, salinitas beragam, PH mendekati netral, daerah dengan permeabilitas rendah
Argilik	Smektit Montmorilonit Illit / Smektit Kaolinit	Pirit Klorit Kalsit Kuarsa	Temperatur 100-300°C, salinitas rendah, PH asam - netral
Advanced Argilik (low temperature)	Kaolinit Alunit	Kalsedon Kristobalit Kuarsa Pirit	Temperatur 180°C, salinitas rendah, PH asam
Advanced Argilik (high temperature)	Pirofilit Diaspor Andalusit	Kuarsa Tourmalin Enargit Luzonit	Temperatur 250-350°C, salinitas rendah, PH asam
Potasik	Adularit Biotit Kuarsa	Klorit Epidot Pirit	Temperatur 300°C, salinitas tinggi, dekat dengan batuan intrusif
Filik	Kuarsa Serisit Pirit	Anhidrit Pirit Kalsit Rutil	Temperatur 230-400°C, salinitas beragam, PH asam-netral, zona permeabel pada batas urat
Seristik	Serisit (Illit) Kuarsa Muskovit	Pirit Illit / Serisit	-
Silisifikasi	Kuarsa	Pirit Illit-Serisit Adularia	-
Skarn	Garnet Piroksen Amfibol Epidot Magnetit	Wolastonit Klorit Biotit	Temperatur 300-700°C, salinitas tinggi, umumnya pada batuan samping karbonat

HASIL**Alterasi Hidrotermal Pada Daerah Penelitian**

Alterasi hidrotermal pada suatu tempat tertentu mempunyai karakteristik atau ciri-ciri tersendiri. Fluida hidrotermal yang mempunyai kondisi fisika-kimia tertentu akan melewati suatu batuan dinding (*wall rock*) melewati permeabilitas sekunder maupun primer, dan menghasilkan atau

merubah batuan yang ada menjadi kumpulan/asosiasi mineral ubahan (*alteration*). Pengendapan mineral tertentu ada yang bersifat pengisian dan juga pengalterasian terhadap batuan yang ada. Alterasi itu menyangkut kimiawi, mineralogi, dan tekstur. Zona alterasi merupakan zona dimana proses ubahan mineral dari mineral primer menjadi mineral sekunder. Pada prinsipnya

Dari tabel hasil analisa XRD Lp 12 dapat diketahui adanya mineral-mineral penciri dari alterasi propilitik/kloritisasi di daerah penelitian, mineral-mineral tersebut adalah *Clorite*, *Illite* dan *Calcite*.

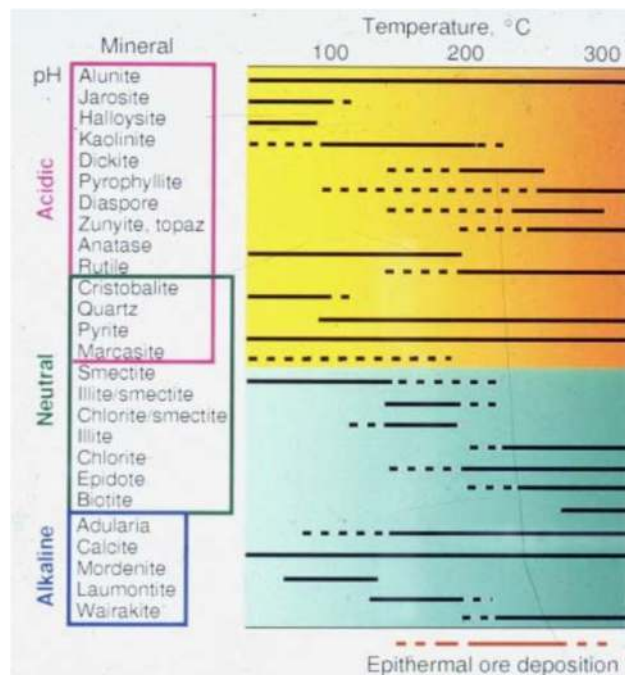
Mineral-mineral penciri yang hadir dalam analisa XRD kemudian dapat dimasukkan kedalam diagram temperatur pembentukan mineral hidrotermal di lingkungan epitermal deposit (Reyes dan Gigenbach,1992). Sehingga dapat diketahui pada suhu berapa alterasi propilitik atau kloritisasi yang hadir di daerah penelitian terbentuk dan pada pH bagaimana dapat terbentuk.

Berdasarkan pendekatan suhu mineral hidrotermal di lingkungan epithermal (Reyes dan Gigenbach,1992) alterasi propilitik di daerah penelitian terbentuk pada suhu 200°C - 300°C, pada kondisi netral – basah (Gambar 4 dan 5).

Pembentukan alterasi propilitik pada daerah penelitian disebabkan oleh adanya ruang (kekar) sebagai jalan keluar fluida hidrotermal yang kemudian bereaksi dengan batuan metamorf sehingga terbentuk himpunan mineral-mineral ubahan yang mencirikan tipe alterasi propilitik. Sebagai contoh, mineral klorit yang hadir diinterpretasikan sebagai hasil ubahan dari mineral plagioklas.



Gambar 3. Singkapan sekis teralterasi propilitik di daerah Aimasi



Gambar 4. Temperatur pembentukan mineral pada sampel alterasi propilitik

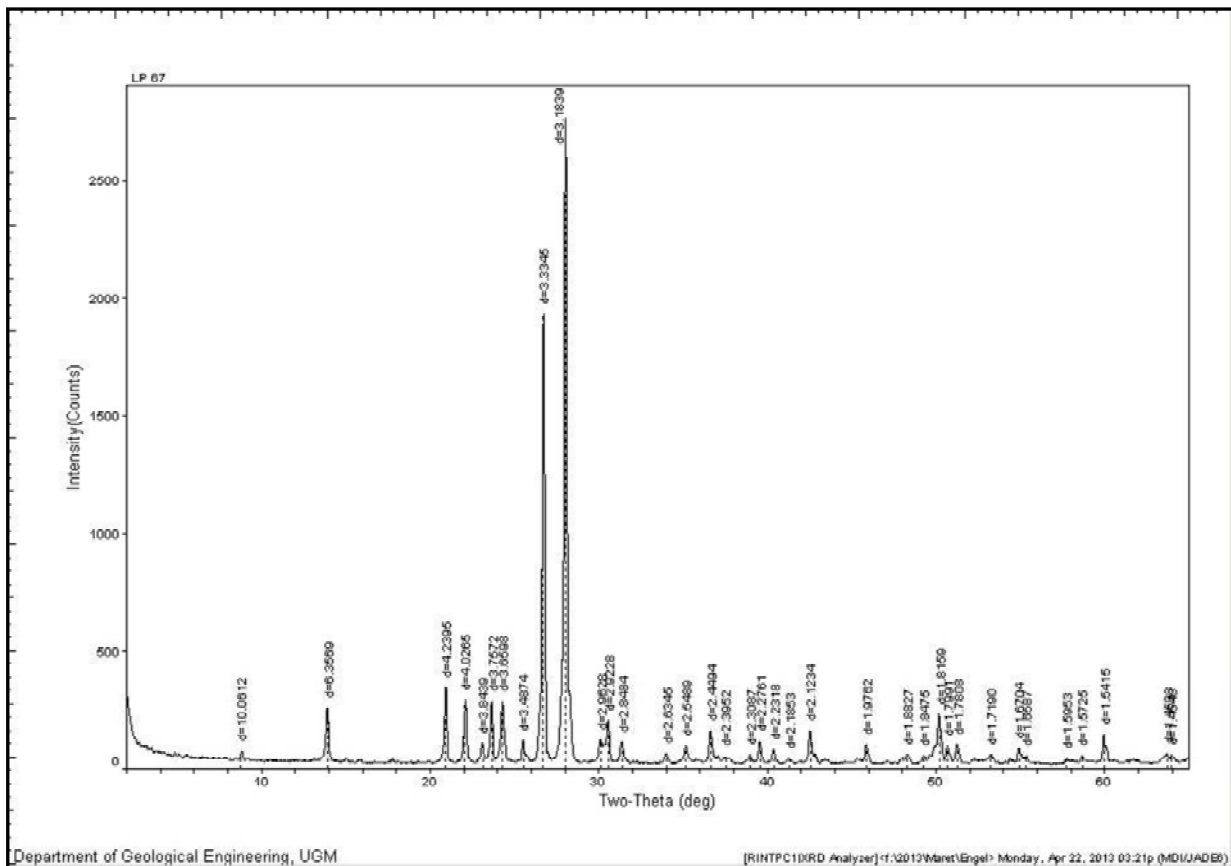
MINERAL	TEMPERATUR° C		
	100	200	300
<i>Clorite</i>			
<i>Illite</i>			
<i>Calcite</i>			

Gambar 5. Pendekatan suhu pembentukan alterasi propilitik pada daerah penelitian (Reyes dan Gigenbach,1992)

Alterasi silisik/silisifikasi

Zona alterasi silisifikasi dijumpai di selatan daerah penelitian pada sungai Aimasi dan dicirikan oleh kehadiran mineral asesoris berupa *pyrite* dan *illite* (hasil analisa XRD Lp 67). Berdasarkan pengamatan di lapangan mineral kuarsa memperlihatkan warna putih, alterasi ini dapat terlihat baik pada tubuh batuan sekis yang umumnya memiliki sifat permeabilitas yang rendah dan salinitas yang beragam.

Secara megaskopis, alterasi ini berwarna abu-abu kecoklatan-kehijauan dan terkadang berwarna abu-abu kehitaman-merah muda kecoklatan, struktur *schistosa*, tekstur foliasi. Pengamatan mikroskopis dilakukan pada contoh batuan Lp 67 (dapat dilihat pada foto 2), sayatan menunjukkan batuan dengan tekstur foliasi, mineralogi terdiri dari mika, turmalin, mineral opak sedangkan kehadiran mineral sekunder berupa silika, klorit, dan pirit.



Gambar 6. Grafik hasil analisa XRD Lp 67

Tabel 3. Hasil analisa XRD LP 67

2-Theta	d (A)	BG	Height	I%	Area	I%	FWHM	XS(A)	Mineral
20,937	4,2395	16	322	11,8	3247	10,3	0,171	517	Quartz
42,54	2,1234	15	135	4,9	2041	6,5	0,257	321	Illite Micas
55,342	1,6587	17	26	0,9	673	2,1	0,44	1,86	Phyrite

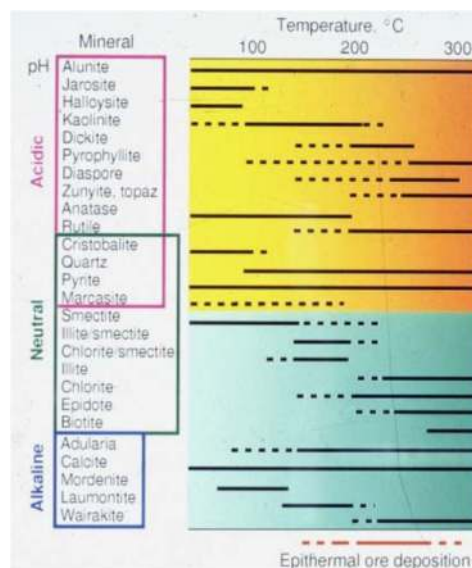
Dari hasil analisa XRD Lp 67 dapat diketahui adanya mineral-mineral penciri dari alterasi silisifikasi di daerah penelitian mineral-mineral tersebut adalah *Illite micas*, *Quartz* dan *Phyrite*.

Mineral-mineral penciri yang hadir dalam analisa XRD kemudian dapat dimasukkan ke dalam diagram temperatur pembentukan mineral hidrotermal di lingkungan epitermal deposit (Reyes dan Gigenbach,1992). Sehingga dapat diketahui pada suhu berapa alterasi silisifikasi yang hadir di daerah penelitian terbentuk dan pada pH

bagaimana dapat terbentuk (Gambar 8 dan 9). Berdasarkan pendekatan suhu mineral hidrotermal di lingkungan epitermal (Reyes dan Gigenbach,1992) alterasi silisifikasi di daerah penelitian terbentuk pada suhu 200°C – 300°C, pada kondisi netral – basah. Pembentukan alterasi silisifikasi pada daerah penelitian disebabkan oleh adanya ruang (kekar) sebagai jalan keluar fluida hidrotermal yang kemudian bereaksi dengan batuan metamorf sehingga terbentuk himpunan mineral-mineral ubahan yang mencirikan tipe alterasi silisifikasi.



Gambar 7. Singkapan sekis teralterasi silisik, di daerah Aimasi



Gambar 8. Temperatur pembentukan mineral pada sampel alterasi Silisifikasi

MINERAL	TEMPERATUR ^o C		
	100	200	300
<i>Quartz</i>		/	/
<i>Pyrite</i>		/	/
<i>Illite</i>		/	/

Gambar 9. Pendekatan suhu pembentukan alterasi silisifikasi pada daerah penelitian (Reyes dan Gigenbach, 1992)

Hubungan Alterasi Dengan Struktur dan Litologi Pada Daerah Penelitian

Alterasi yang ada di daerah penelitian hadir memiliki pola tertentu dalam setiap lokasi keterdapatannya. Kehadiran alterasi hidrotermal dicirikan dengan kenampakan kelompok mineral ubahan yang berbeda-beda untuk tiap jenis alterasi. Tiap jenis alterasi hidrotermal memiliki sebaran yang setempat-setempat mengikuti arah dari zona-zona lemah. Semakin mendekati zona lemah, maka akan hadir jenis alterasi yang berbeda dibandingkan pada tempat yang jauh dari zona lemah. Ini menunjukkan bahwa alterasi hidrotermal dikontrol oleh struktur geologi yang berkembang di daerah tersebut, yaitu adanya intensitas kekar yang sangat tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa kekar yang intensif adalah sebagai pengontrol terdapatnya alterasi hidrotermal di daerah penelitian.

Alterasi pada daerah penelitian ini juga dikontrol oleh litologi pembawa, litologi yang membawa alterasi berasal dari diorit sedangkan batuan yang berperan sebagai *wallrock* adalah sekis. Peran dari litologi pembawa ini sangat berpengaruh terhadap alterasi hidrotermal karena litologi tersebut nantinya yang akan menghasilkan fluida hidrotermal pada saat pembekuan yang mempengaruhi sifat pH larutan hidrotermal. Perbedaan litologi pembawa akan menghasilkan sifat fluida hidrotermal yang berbeda yang apabila fluida tersebut melewati *wallrock* dengan litologi yang berbeda, maka fluida tersebut akan bereaksi dan menghasilkan mineral-mineral ubahan dan akhirnya akan menciptakan adanya alterasi hidrotermal yang berbeda.

Kedua peran antara stuktur kekar dan litologi sangat mempengaruhi dari proses terbentuknya alterasi hidrotermal, karena kekar sebagai ruang

tempat terisi fluida, dan litologi sebagai pembawa dari larutan hidrotermal yang berperan sebagai faktor dalam proses alterasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan lapangan, analisis petrografi, dan analisis XRD alterasi yang berkembang di daerah penelitian terbagi menjadi dua zona alterasi zona alterasi propilitik dan zona alterasi silisik/silisifikasi. Zona alterasi propilitik dijumpai di sebelah selatan daerah penelitian pada sungai Aimasi, dan dicirikan oleh kehadiran mineral klorit yang dominan dengan mineral asesoris berupa *illite* dan *calcite* (hasil analisa XRD LP12).

Berdasarkan pengamatan di lapangan mineral klorit memperlihatkan warna hijau kecoklatan, alterasi ini dapat terlihat baik pada tubuh batuan sekis yang umumnya memiliki sifat permeabilitas yang rendah dan salinitas yang beragam.

Zona alterasi silisifikasi dijumpai di selatan daerah penelitian pada sungai Aimasi dan dicirikan oleh kehadiran mineral asesoris berupa *pyrite* dan *illite* (hasil analisa XRD Lp 67).

Berdasarkan pengamatan di lapangan mineral kuarsa memperlihatkan warna putih, alterasi ini dapat terlihat baik pada tubuh batuan sekis yang umumnya memiliki sifat permeabilitas yang rendah dan salinitas yang beragam.

Pembentukan alterasi propilitik pada daerah penelitian disebabkan oleh adanya ruang (kekar) sebagai jalan keluar fluida hidrotermal yang kemudian bereaksi dengan batuan metamorf sehingga terbentuk himpunan mineral-mineral ubahan yang mencirikan tipe alterasi propilitik. Sebagai contoh, mineral klorit yang hadir

diinterpretasikan sebagai hasil ubahan dari mineral plagioklas.

Pembentukan alterasi silisifikasi pada daerah penelitian disebabkan oleh adanya ruang (kekar) sebagai jalan keluar fluida hidrotermal yang kemudian bereaksi dengan batuan metamorf sehingga terbentuk himpunan mineral-mineral ubahan yang mencirikan tipe alterasi silisifikasi.

Studi kasus pada daerah penelitian berupa keterdapatan alterasi hidrotermal merupakan suatu penelitian awal tentang adanya proses alterasi yang berkembang pada daerah penelitian sehingga dapat memberikan manfaat dan informasi bagi instansi terkait serta masyarakat setempat guna dikembangkan lagi ke depan untuk studi yang lebih lanjut dan analisis yang lebih spesifik tentang keterdapatan mineral logam yang berpotensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bateman, P.C., (1956), *The Geochemistry of gold and its deposit. Geo Surv Can Bull*, pp. 280:584.
- Corbett, G.J & Leach, T.M., (1996), *Southwest Pasific Rim Gold/Copper System: Structure, Alteration and Mineralitiation*, A Workshop presented for the Society of Eksplorasion Geochemist, Townsville.
- Creasey, S.C., (1996), *Hydrothermal Alterations in Geology of Porphyry Copper Deposits (S. R. Tettley & C. L. Hickx, ed)*, Tuscon: Univ. of Ariz. Press, pp.51 – 74
- Lindgren, W., (1983), *Mineral Deposit* McGraw-Hill Book Company, Inc, USA.
- Lowell, D.J & Guilbert J.M., (1970), *The discovery of the La Escondida orebody: Economic Geology Monograph 8*, pp. 286 – 288.
- Pirajno, F., (1992), *Hidrothermal Mineral Deposit, Principles and Fundamental Concept for the Ekspolaration Geologist*, Berlin Hedelberg.
- Reyes, A.G, & Gigenbach, W.F., (1992), *Petrology and fluid chemistry of magmatic-hydrothermal systems in the Phillipines*, pp. 1341 – 1344.
- White, N., (1996), *Granitic Rocks Associated with porphyry CU Deposit, USA. Ishihara symposium: Granities and Associated Metallogenesis*, Geoscience Australia.

SHOTCRETE DELIVERY PROCESS DI TAMBANG BAWAH TANAH DEEP MILL LEVEL ZONE PT. FREEPORT INDONESIA

Mahatir Eko Sulastyo¹⁾, Jance Murdjani Supit²⁾

^{1) 2)} Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Email: ¹⁾ mahatirs2803@gmail.com

Abstract

In ground support of underground mine, it is important to understand the shotcrete delivery process, since shotcrete is the main buffer applied. The problem found in this study is that there is an indication that the shotcrete volume has not matched the reported shotcrete. So it is important to acknowledge the shotcrete delivery process, the difference in volume and the correction factor. Variables used to calculate shotcrete volume and correction factors obtained in nine main variables as follow: shotcrete trace length, shotcrete trace width, shotcrete trace height, shotcrete transfer distance, shotcrete transfer time, shotcrete transfer time, material weight, material density and shotcrete volume in the Daily Report. Descriptive statistical method is used to select anomaly data outside the population. The research results that average volume of shotcrete on the Batch Plant is 4,83 m³, then transferred to WS Mixer reduced to 4,76 m³ and at Getman the Mixer was reduced by 3,92 m³. The volume difference is due to the unequal aggregate conditions of the shotcrete constituents, the Mixer drum rotates outside the specified speed, shotcrete hardening occurs on the drum causing a reduction in drum volume capacity. Based on these differences, conversion values were obtained to the reported shotcrete volume, which is 0,87 with the shotcrete assumption reported at 4 m³, 0,89 assuming 5 m³ and 0,79 assuming 4,98 m³.

Keywords: *Correction Factor, Delivery Process, Difference in Shotcrete Volume*

Abstrak

Dalam penyanggaan (ground support) tambang bawah tanah, penting untuk mengetahui *shotcrete delivery process*, mengingat *shotcrete* merupakan penyangga utama yang diterapkan oleh perusahaan. Masalah yang terdapat pada penelitian ini yaitu, adanya indikasi volume *shotcrete* belum sesuai dengan *shotcrete* yang dilaporkan. Sehingga penting untuk mengetahui *shotcrete delivery process*, perbedaan volume dan faktor koreksinya. Variabel yang digunakan dalam menghitung volume *shotcrete* dan faktor koreksi didapatkan hasil sembilan variabel utama yaitu panjang jejak *shotcrete*, lebar jejak *shotcrete*, tinggi jejak *shotcrete*, jarak transfer *shotcrete*, waktu pindah *shotcrete*, waktu transfer *shotcrete*, berat material, densitas material dan volume *shotcrete* pada *Daily Report*, juga menggunakan metode statistika deskriptif untuk menyeleksi data-data anomali di luar populasi. Didapatkan rata-rata volume *shotcrete* pada *Batch Plant* sebesar 4,83 m³, kemudian ditransfer ke *WS Mixer* berkurang menjadi 4,76 m³ dan di *Getman Mixer* berkurang 3,92 m³. Perbedaan volume disebabkan karena kondisi agregat penyusun *shotcrete* yang tidak sama, *Drum Mixer* berputar diluar kecepatan yang sudah ditentukan terjadi pengerasan *shotcrete* pada *drum* sehingga menyebabkan terjadinya pengurangan kapasitas volume *drum*. Berdasarkan perbedaan tersebut, diperoleh angka untuk mengkonversi volume *shotcrete* yang dilaporkan, yakni 0,87 dengan asumsi *shotcrete* yang dilaporkan sebesar 4 m³, 0,89 dengan asumsi 5 m³ dan 0,79 dengan asumsi 4,98 m³.

Kata kunci: *Delivery Process, Faktor Koreksi, Perbedaan Volume Shotcrete*

PENDAHULUAN

PT Freeport Indonesia merupakan perusahaan tambang yang bergerak dalam bidang penambangan tembaga dan emas. Perusahaan ini menggunakan dua sistem penambangan yaitu dengan sistem tambang terbuka (Surface Mine) dan sistem tambang bawah tanah (Underground Mine). DMLZ (Deep Mill Level Zone) merupakan salah satu lokasi tambang bawah tanah yang berada di PT Freeport Indonesia, yang metode penambangannya menggunakan metode ambrukan (Block Caving).

Block Caving merupakan cara penambangan bawah tanah dengan efisiensi sumberdaya yang tinggi untuk melakukan penambangan, di mana blok-blok besar bijih dipotong dari bawah sehingga bijih tersebut runtuh akibat gaya beratnya sendiri (Kresno, 1998). Bidang pada masa batuan dengan ukuran yang sudah ditentukan diledakan pada level *undercut* sehingga masa batuan yang berada di atasnya akan runtuh. Penarikan bijih hasil runtuh pada bagian bawah kolom bijih atau *drawbell* menyebabkan proses runtuh akan berlanjut ke atas sampai semua bijih di atas level *undercut* hancur menjadi ukuran yang sesuai untuk proses selanjutnya. Dalam pekerjaan tambang bawah tanah, peran penyanggaan (ground support) sangat diperlukan agar penarikan bijih dapat berjalan secara kontinyu.

Penyanggaan adalah suatu metode yang digunakan untuk menahan beban dari massa batuan untuk menjaga keseimbangan atau kestabilan bukaan terowongan sehingga keselamatan kerja dapat dicapai dengan aman. Pada tambang bawah tanah analisis dan penentuan penyangga sangat dibutuhkan. Dalam menentukan desain penyangga, perlu dipertimbangkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses penyangga seperti kondisi massa batuan yang heterogen. Kondisi massa batuan di alam yang heterogen dikontrol oleh beberapa faktor antar lain bidang diskontinuitas serta jenis litologi.

Salah satu penyanggaan yang digunakan pada tambang bawah tanah yaitu beton tembak atau lebih dikenal dengan istilah *shotcrete*. *Shotcrete* adalah suatu sistem penyanggaan yang menggunakan campuran antara semen, agregat, air, *fibre plastic* atau baja dan *additive* ataupun *admixture* yang disemprotkan dengan menggunakan udara bertekanan tinggi.

Dalam pengerjaan *shotcrete* di *underground* DMLZ PT. Freeport Indonesia perlu melalui beberapa tahapan atau proses transfer *shotcrete* dari alat ke alat, diantaranya proses *Batch & Mix*, *Delivery Process* dan *Placement*. Dalam penerapannya, ditemukan adanya indikasi

perbedaan atau pengurangan volume *shotcrete* yang ditransfer, terutama pada *shotcrete delivery process*. Perbedaan volume *shotcrete* sangat berpengaruh terhadap pelaporan *shotcrete* yang telah digunakan. Sehingga perlu dicari angka faktor koreksi untuk mengkonversi *shotcrete* yang dilaporkan dengan *shotcrete* yang telah digunakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Estimasi kubikasi alat

Secara fundamental, volume *shotcrete* pada tiap alat dapat dihitung menggunakan persamaan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Batch Plant

Batch Plant merupakan alat yang digunakan untuk memproduksi *shotcrete*. Secara teoritis persamaan yang digunakan untuk mengestimasi produksi alat-alat *shotcrete* adalah:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

Dimana m adalah massa (kg), V adalah volume (m^3) dan ρ adalah densitas material (kg/m^3).

WS Mixer

WS Mixer merupakan jenis alat transfer yang membawa material atau beton cor dari *Batch Plant* ke tempat tujuan. Untuk mengetahui berat aktual yang diantar oleh *WS Mixer* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{A \times S \times W}{2000} \quad (2)$$

Untuk mengetahui volume maka persamaan dapat diturunkan seperti pada persamaan 5. Sebelum menghitung volume *shotcrete*, perlu diketahui luas penampang jejak (A) dan kecepatan transfer (S) terlebih dahulu, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = p \times l \quad (3)$$

$$S = \frac{s}{t1} \quad (4)$$

Setelah didapatkan luas penampang jejak (A) dan kecepatan transfer (S), barulah dapat menghitung volume *shotcrete* dengan menggunakan persamaan:

$$V = A \times S \times t2 \quad (5)$$

Dimana T adalah Produksi (Ton/menit), A adalah Luas Penampang (ft^2), S adalah Kecepatan transfer material ($ft/menit$), W adalah Densitas

material (lb/ft^3), p adalah panjang jejak shotcrete (ft), l adalah lebar jejak (ft), s adalah jarak (ft), t_1 adalah waktu pindah shotcrete (sekon), dan t_2 adalah waktu transfer (sekon).

Getman Mixer

Sebelum menghitung volume *shotcrete* yang diterima oleh *Getman*, perlu menghitung volume penampang dan debit aliran *shotcrete* pada *chute Getman Mixer*. Dapat dilihat pada persamaan 6 dan 7.

$$V = p \times l \times t \quad (6)$$

$$Q = \frac{V}{t_1} \quad (7)$$

$$V = Q \times t_2 \quad (8)$$

Dimana Q adalah Debit air mengalir (m^3/sekon), V adalah Volume *shotcrete* (m^3) dan t adalah tinggi material (m), t_1 adalah waktu pindah (sekon) dan t_2 adalah waktu transfer (sekon).

Faktor Koreksi

Faktor Koreksi merupakan rasio perbedaan volume *shotcrete* dengan *shotcrete* yang dilaporkan, yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$CF = \frac{\text{Volume Shotcrete Hasil Estimasi}}{\text{Volume Shotcrete Di Lapangan}} \quad (9)$$

Dimana, CF merupakan *Correction Factor*, V *Shotcrete* di Lapangan adalah volume *shotcrete* yang dilaporkan (m^3), V *Shotcrete* Hasil Estimasi adalah volume *shotcrete* (m^3).

METODOLOGI PENELITIAN

Identifikasi masalah dilakukan dengan cara wawancara dan observasi. Pada tahap wawancara dilakukan untuk mencari informasi tentang permasalahan yang terjadi secara nyata di lapangan. Sementara observasi lapangan dilakukan dengan mengenali dan menyesuaikan diri dengan kondisi umum di lapangan. Survei lapangan dilakukan pula untuk melihat secara sekilas permasalahan-permasalahan yang terjadi pada area penelitian.

Pengambilan data

Salah satu tahapan penting dalam penelitian adalah mencari atau mengumpulkan data. Tahap pengambilan data ini merupakan tahap dimana seorang peneliti mendatangi lokasi penelitian untuk melakukan pengambilan data serta mengumpulkan data tersebut sesuai jenis data.

Data utama

Data utama merupakan data yang diambil baik secara langsung maupun tidak langsung yang akan diolah dianalisis. Data utama terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data hasil pengamatan yang dilakukan di lapangan, meliputi pengambilan data yang sifatnya secara langsung. Berdasarkan judul dan isi yang akan dibahas, maka data primer yang peneliti butuhkan meliputi:

- panjang jejak *shotcrete* (m)
- lebar jejak (m)
- tinggi jejak (m)
- jarak transfer (m)
- waktu pindah (detik)
- waktu transfer (detik)

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari narasumber atau objek penelitian, data sekunder biasanya diperoleh dari arsip-arsip, buku maupun penelitian sebelumnya, dan dijadikan perbandingan. Data sekunder yang dibutuhkan peneliti adalah:

- *Mix Design Shotcrete* (berat dan densitas bahan)
- Volume *shotcrete* berdasarkan *Daily Report*

Data penunjang

Data penunjang merupakan data yang digunakan sebagai acuan atau bahan pertimbangan namun tidak diolah. Data penunjang yang dibutuhkan adalah:

- Lokasi Perusahaan
- Data Geologi
- *Standard Operating Procedure* (SOP)

Verifikasi data

Verifikasi data dilakukan untuk memastikan apakah data yang telah diambil atau dikumpulkan sudah lengkap atau belum. Apabila dalam tahapan ini didapati data yang belum lengkap maka perlu dilakukan pengambilan data kembali untuk melengkapi data yang masih kurang tersebut.

Pengolahan dan Analisis Data

Dari data yang diperoleh, selanjutnya data akan diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Sedangkan analisis data akan menggunakan metode-metode statistika yaitu statistika Deskriptif. Statistika Deskriptif digunakan untuk menyajikan data agar lebih mudah

dipahami. Dalam statistika deskriptif, sampel yang anomali atau diluar populasi akan dieliminasi sehingga data yang disajikan hanya yang masuk dalam lingkup populasi.

Selanjutnya luas penampang jejak *shotcrete* pada proses transfer *Batch Plant* ke *WS Mixer* dihitung berdasarkan data panjang jejak dan lebar jejak *shotcrete* yang melintas pada *Hopper WS Mixer*. Menghitung kecepatan transfer *shotcrete* pada proses transfer *shotcrete* dari *Batch Plant* ke *WS Mixer* berdasarkan data jarak transfer dan waktu pindah *shotcrete* yang melintas pada *hopper WS Mixer*. Menghitung volume *shotcrete* yang diterima *WS Mixer* berdasarkan luas penampang yang telah dihitung, kecepatan transfer dan waktu transfer *shotcrete*. Untuk menghitung volume *Batch Plant* didapatkan berdasarkan hasil perhitungan data berat material dan densitas material penyusun *shotcrete* yang didapatkan dari perusahaan.

Volume penampang *shotcrete* pada proses transfer dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer* dihitung berdasarkan data panjang, lebar dan tinggi jejak *shotcrete* yang melintas pada *chutte WS Mixer*. Setelah mendapatkan volume jejak *shotcrete*, selanjutnya menghitung debit aliran *shotcrete* berdasarkan hasil perhitungan volume jejak *shotcrete* dengan waktu pindah *shotcrete*. Volume *shotcrete* yang diterima oleh *Getman Mixer* didapatkan dari hasil perhitungan debit aliran *shotcrete* dengan waktu transfer *shotcrete*. Setelah mendapatkan volume *shotcrete* dari *Batch Plant*, *WS Mixer* dan *Getman Mixer*, barulah dianalisis penyebab terjadinya perbedaan volume dari ketiga alat tersebut. Selain menganalisis penyebab perbedaan volume, perlu menentukan angka faktor

koreksi Antara volume *Getman* yang telah didapatkan dengan volume *shotcrete* yang di laporkan. Sehingga pada saat *shotcrete* dilaporkan, dapat dikoreksi menggunakan angka faktor koreksi agar mendapatkan volume *shotcrete* yang sebenarnya telah digunakan.

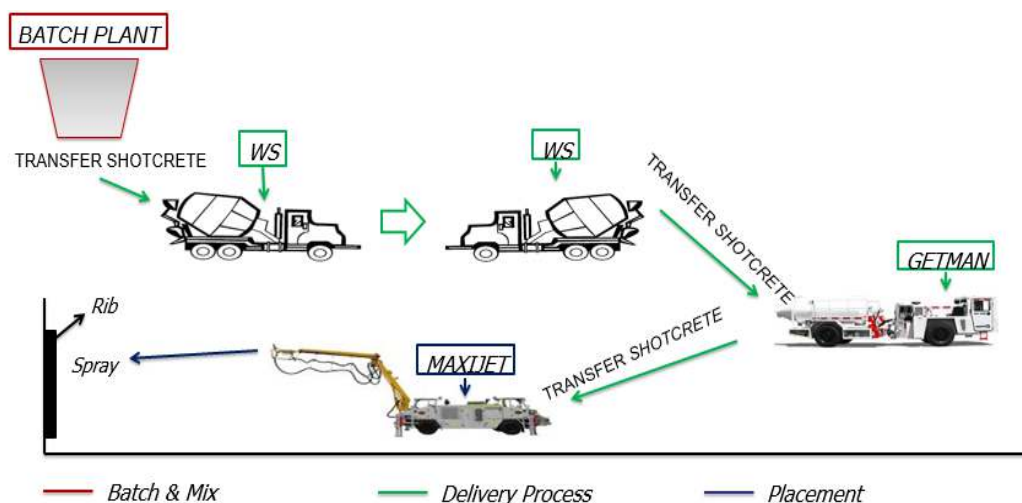
HASIL
Shotcrete Delivery Process

Secara keseluruhan siklus pengaplikasian *shotcrete* yang diterapkan oleh PTFI terdiri dari proses *Batching and Mixing* oleh *Batch Plant*, *Delivery Process* oleh *Mixer Truck* (*WS Mixer* dan *Getman Mixer*), *Placement* oleh *Maxijet*. *WS Mixer* merupakan alat pertama pada *shotcrete delivery process*, kemudian dilanjutkan oleh *Getman Mixer* sampai ke lokasi *spray* (lihat Gambar 2).

Delivery Process shotcrete dimulai setelah proses transfer *shotcrete* dari *Batch Plant* ke *WS Mixer* selesai, dan berakhir pada proses transfer *Getman Mixer* ke *Maxijet* dengan waktu *delivery process* dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. *Shotcrete Delivery Process* Dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer*

No	Kecepatan (km/jam)	Waktu Pengantaran (Menit)	Durasi Traffic Light (Menit)
1	30	12,28	0
2	30	10,26	3,19
Σ	60	22,54	3,19
Rata-rata	30	11,27	1,60
Nilai Minimal	30	10,26	0
Nilai Maksimal	30	12,28	3,19



Gambar 1. Siklus Aplikasi *Shotcrete*

Tabel 2. *Shotcrete Delivery Process* Dari *Getman Mixer* ke *Maxijet*

No.	Pergi (hh:mm:ss)	Transfer ke Maxijet (hh:mm:ss)	Delivery Process (menit)	Tempat
1	7:06:00	7:41:00	35	East Ram
2	9:30:00	9:38:00	8	NVD
3	10:40:00	11:07:00	27	NVD
4	11:47:00	12:03:00	16	NVD
5	1:40:00	2:30:00	50	East Ram
		Nilai minimal	8	
		Nilai maksimal	50	
		Jumlah	136	
		Nilai rata-rata	27.2	

Volume ShotcretePerhitungan Volume Shotcrete Pada Batch Plant

Dalam pembuatan *shotcrete*, PTFI memiliki standar komposisi bahan penyusun *shotcrete* yang

sesuai dengan kuantitas dan kualitas *shotcrete* yang diinginkan (lihat Tabel 3).

Tabel 3. *Mix Design*

Bahan	Densitas (kg/m ³)	Berat (kg)	Volume (mL)	Volume Shotcrete (m ³)
Agregat	2620,90	1680	-	0,641
Semen	3151,51	520	-	0,165
Air	1000,00	200	-	0,200
Fibre	432,00	6	-	0,014
Sikatard	370,80	-	2000	0,002
Viscocrete	6000,00	-	4500	0,005
Shotcrete	-	-	-	1,026

Karena sudah diketahui Berat komposisi *shotcrete* (m) dan Densitasnya (ρ), maka untuk mengetahui Volume (V) *shotcrete* dapat menggunakan persamaan (1). Contoh data yang digunakan yaitu pada tanggal 7 Januari 2019 pukul 6:46 Batch & Mix 1 - 5.

Tabel 4. Data komposisi *Shotcrete* Pada *Batch Plant*

BAHAN	DENSITAS (Kg/m ³)	BATCH & MIX				
		1	2	3	4	5
Agregat	2620,90	1785 kg	1800 kg	1760 kg	1760 kg	1760 kg
Semen	3151,51	516 kg	535 kg	505 kg	540 kg	500 kg
Air	1000,00	108 kg	110 kg	105 kg	108 kg	107 kg
Fibre	432,00	6 kg	6 kg	6 kg	6 kg	6 kg
Sikatard	370,80	2000 mL	2000 mL	2000 mL	2000 mL	1950 mL
Viscocrete	6000,00	4500 mL	4500 mL	4500 mL	4500 mL	4500 mL

a. *Batch & Mix* 1

$$V \text{ Agregat} = \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} = \frac{1785 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} = 0,681 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Semen} = \frac{516 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} = 0,164 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Air} = \frac{108 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} = 0,108 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Fibre} = \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} = 0,014 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} = 0,002 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} = 0,005 \text{ m}^3$$

$$V \text{ total} = 0,681 \text{ m}^3 + 0,164 \text{ m}^3 + 0,108 \text{ m}^3 + 0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 = 0,973 \text{ m}^3$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* pertama adalah 0,973 m³.

b. *Batch & Mix 2*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1800 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,687 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Semen} &= \frac{535 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,170 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Air} &= \frac{110 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,110 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \\ 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,002 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \\ 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= 0,687 \text{ m}^3 + 0,170 \text{ m}^3 + 0,110 \text{ m}^3 + \\ &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\ &= 0,987 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* kedua adalah 0,987 m³.

c. *Batch & Mix 3*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1760 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Semen} &= \frac{505 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,160 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Air} &= \frac{105 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,105 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \\ 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL}$$

$$= 0,002 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= 0,672 \text{ m}^3 + 0,160 \text{ m}^3 + 0,105 \text{ m}^3 + \\ &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\ &= 0,957 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* ketiga adalah 0,957 m³.

d. *Batch & Mix 4*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1760 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Semen} &= \frac{540 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,171 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Air} &= \frac{108 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,108 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,002 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= 0,672 \text{ m}^3 + 0,160 \text{ m}^3 + 0,105 \text{ m}^3 + \\ &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\ &= 0,971 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* keempat adalah 0,971 m³.

e. *Batch & Mix 5*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1760 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ Semen} &= \frac{500 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\
 &= 0,159 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Air} &= \frac{107 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\
 &= 0,107 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\
 &= 0,014 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Sika} &= 1950 \text{ mL} \\
 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Sika} &= 1950 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\
 &= 0,002 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \\
 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\
 &= 0,005 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ total} &= 0,672 \text{ m}^3 + 0,159 \text{ m}^3 + 0,107 \text{ m}^3 + \\
 &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\
 &= 0,958 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

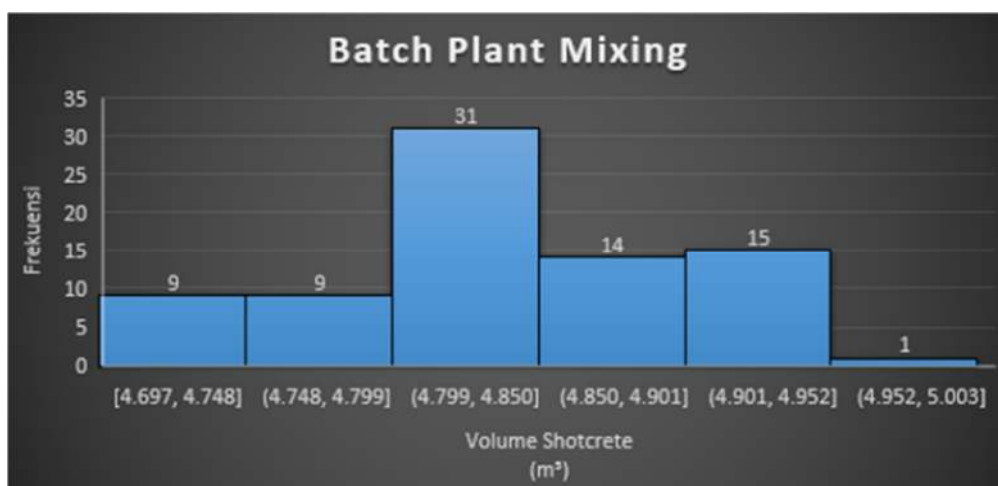
Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* kelima adalah 0,958 m³.

Karena dalam sekali trip dilakukan *Batch & Mix* sebanyak lima kali, maka hasil *Batch & Mix* perlu ditotalkan.

$$V \text{ Shotcrete} = \text{Batch \& Mix 1} + \text{Batch \& Mix 2} + \dots + \text{Batch \& Mix 5}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ Shotcrete} &= 0,973 \text{ m}^3 + 0,987 \text{ m}^3 + 0,957 \text{ m}^3 + \\
 &0,971 \text{ m}^3 + 0,958 \text{ m}^3 \\
 &= 4,846 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian statistika deskriptif menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 2 Histogram Volume *Batch Plant*

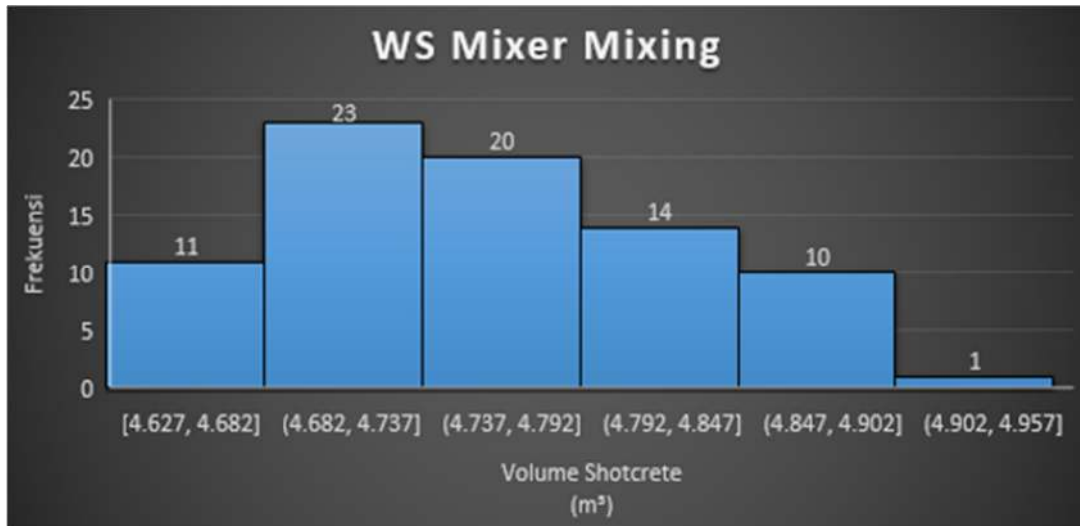
Penghitungan Volume Shotcrete Pada WS Mixer

Untuk mengetahui volume (V) *shotcrete* dapat menggunakan persamaan (5).

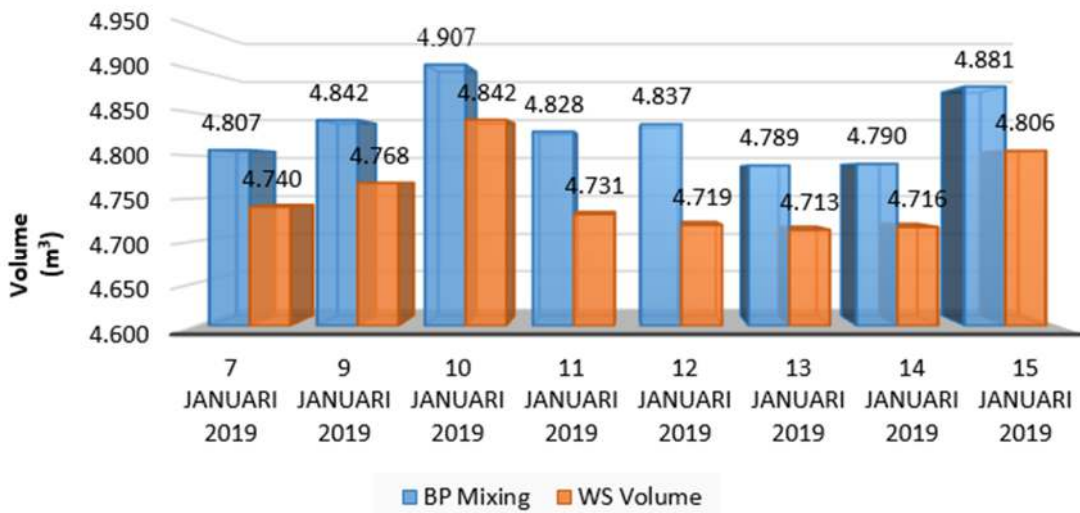
$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang (A)} &= p \times l \\
 &= 0,84 \text{ m} \times 0,37 \text{ m} \\
 &= 0,307 \text{ m}^2 \\
 \text{Kecepatan transfer (S)} &= \frac{s}{t_l} \\
 &= \frac{0,84 \text{ m}}{3,84 \text{ detik}} \\
 &= 0,217 \text{ m/detik} \\
 \text{Volume shotcrete (V)} &= A \times S \times t_2 \\
 &= 0,307 \times 0,217 \times 71,62 \\
 &= 4,756 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Kecepatan Transfer Dari *Batch Plant* ke *WS Mixer*

NO	Batch Plant – WS Mixer		Waktu Transfer	
	Jarak			
1	83	cm	3,88	detik
2	85	cm	3,64	detik
3	82	cm	3,84	detik
4	80	cm	3,88	detik
5	88	cm	3,98	detik
Σ	418	cm	19,22	detik
	83,60	cm	3,84	detik
Rata-Rata	0,84	m	0,06	menit
	0,001	km	0,001	jam
Kecepatan (m/s)			0,217	



Gambar 3. Histogram Volume *WS Mixer*



Gambar 4. Perbedaan Volume *Batch Plant* dan *WS Mixer*

Tabel 6. Parameter Luas Penampang *Shotcrete* Pada *Hopper WS Mixer*

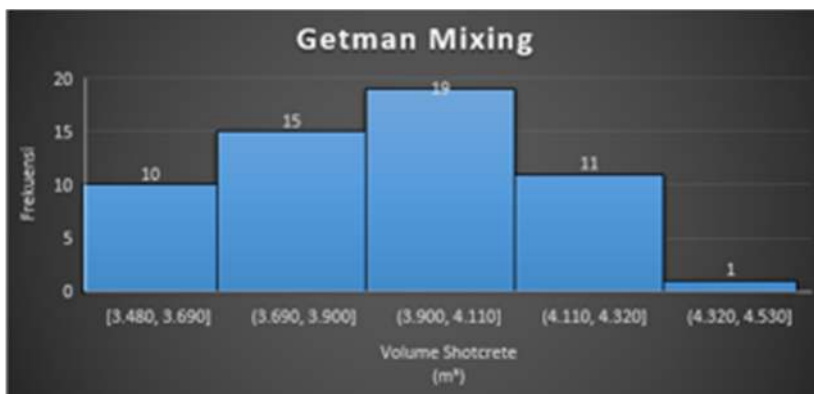
No	BP - WS			
	Panjang Jejak		Lebar Jejak	
1	83	cm	37	cm
2	85	cm	39	cm
3	82	cm	34	cm
4	80	cm	38	cm
5	88	cm	35	cm
Σ	418	cm	183	cm
Rata-rata	83,6	cm	36.60	cm
	0,84	m	0.37	m
Luas Penampang			3059,760	cm ²
			0,306	m ²

Pehitungan Volume *Shotcrete* Pada *Getman Mixer*
 Untuk mengetahui Volume (V) *shotcrete* dapat menggunakan persamaan (6).

$$\begin{aligned} \text{Volume } \textit{shotcrete} \text{ pada } \textit{Chute} (V) &= p \times l \times t \\ &= 1,87 \text{ m} \times 0,51 \text{ m} \times 0,11 \text{ m} \\ &= 0,11 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit } \textit{shotcrete} \text{ pada } \textit{Chute} (Q) &= \frac{V}{t1} \\ &= \frac{0,11 \text{ m}^3}{2,56 \text{ detik}} \\ &= 0,04 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume } \textit{shotcrete} \text{ tertampaung} &= Q \times t2 \\ &= 0,04 \times 96,38 \\ &= 3,915 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 5. Histogram Volume Getman Mixer



Gambar 6. Volume Shotcrete Pada Getman

Perhitungan Faktor Koreksi

Berdasarkan data *Dayly Report* Departemen DMLZ, rata-rata *shotcrete* yang digunakan sebesar 4,962 m³.

Diketahui:

Volume *shotcrete* Aktual = 3,92 m³

Volume *shotcrete* yang dilaporkan = 4,98 m³

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi} &= \frac{\text{Volume Shotcrete Hasil Estimasi}}{\text{Volume Shotcrete Dilapangan}} \\ &= \frac{3,92 \text{ m}^3}{4,98 \text{ m}^3} \\ &= 0,79 \end{aligned}$$

Tabel 7. Faktor Koreksi

	Volume Shotcrete (m³)			Report (m³)	Faktor Koreksi
	Batch Plant	WS Mixer	Getman Mixer		
Nilai Minimal	4,7	4,63	3,48	4,00	0.87
Nilai Maksimal	4,94	4,93	4,43	5,00	0.89
Nilai Rata-rata	4,83	4,76	3,92	4,98	0.79
Standar Deviasi	0,06	0,07	0,2	-	-
Standar Error	0,01	0,01	0,03	-	-

PEMBAHASAN

Delivery Process

Delivery Process dimulai setelah proses *Batching* dan *Mixing* oleh *Batch Plant* dan berakhir pada proses *Placement* oleh *Maxijet*. Setelah *Batch*

Plant menimbang (*batching*) dan mencampur (*mixing*) bahan-bahan penyusun *shotcrete* dalam waktu 60 detik, *chute* dari *Batch Plant* akan terbuka untuk mentransfer *shotcrete* ke dalam *drum WS Mixer* melalui *hopper WS Mixer* dengan waktu

transfer rata-rata 71,62 detik. Proses ini akan berulang selama lima kali.

Setelah proses *batch, mix* dan transfer *shotcrete* ke *WS Mixer* selesai, *WS Mixer* akan mengantarkan *shotcrete* ke dalam area tambang bawah tanah (*Bottom Batch Plant*) untuk melakukan transfer *shotcrete* ke *Getman Mixer* dengan waktu pengantaran rata-rata 32 menit. Setelah tiba di *bottom batch plant*, *shotcrete* akan ditransfer ke *Getman Mixer* dengan waktu transfer rata-rata sebesar 99,22 detik. Setelah *shotcrete* terisi penuh, *Getman Mixer* akan mengantarkan *shotcrete* ke lokasi *heading*, tempat dimana *Maxijet* akan melakukan *spray* (penyemprotan) *shotcrete* ke *heading* dengan waktu pengantaran rata-rata sebesar 2,5 menit.

Analisis perbedaan volume *shotcrete*

Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan, didapatkan rata-rata volume *shotcrete* yang dihasilkan oleh *Batch Plant* sebesar 4,83 m³. Setelah ditransfer ke *WS Mixer*, volume *shotcrete* berkurang rata-rata 4,76 m³. Sementara dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer*, *shotcrete* berkurang menjadi 3,92 m³. Perbedaan volume ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kondisi agregat yang sering berubah-ubah, terlalu basah atau terlalu kering agregat menyebabkan *Mix Design* ikut berubah (tidak mengikuti *Mix Design Standar*), pada saat proses transfer *shotcrete*, *drum mixer* berputar diluar kecepatan yang sudah ditentukan 1800 – 2000 Rpm yang menyebabkan *shotcrete* tumpah, kurang dari 1800 Rpm disebabkan karena operator *mixer* tidak *stand by* di dalam *cabin* untuk mengatur kecepatan putar *drum mixer* terhadap kecepatan transfer *Batch Plant* yang cepat dan konstan. Dalam proses transfer *shotcrete*, sering didapati *Mixer Truck* baik itu *WS Mixer* maupun *Getman Mixer* dalam keadaan menunggu antrian. Untuk mengejar target waktu, pada proses transfer *shotcrete* dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer*, kecepatan putaran *drum* dapat melebihi 2000 Rpm, sehingga *shotcrete* yang masuk ke dalam *drum Getman Mixer* tidak mengisi celah-celah kosong di dalam *drum* dengan sempurna, terjadi pengerasan *shotcrete* pada dinding *drum mixer* yang menyebabkan terjadinya pengurangan kapasitas volume *drum*.

Faktor koreksi

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, terdapat pengukuran volume *shotcrete* yang akan digunakan dari *Batch Plant*, *WS Mixer* sampai ke *Getman Mixer*. Setelah *Getman Mixer* menerima *shotcrete* dari *WS Mixer*, pengawas akan

melaporkan *shotcrete* yang telah diterima oleh *Getman Mixer*. Namun karena tidak dilakukan pengukuran secara detail atau masih berdasarkan asumsi (1 drum *Getman Mixer* atau 1 lot = 5 m³), maka peneliti mencari angka konversi, sehingga pada saat *shotcrete* dilaporkan akan langsung dikonversi oleh angka yang didapatkan oleh peneliti berdasarkan pengukuran dan perhitungan.

Berdasarkan data *Daily Report* dan hasil perhitungan, terdapat perbedaan volume *shotcrete* secara aktual dengan *shotcrete* yang dilaporkan, diperoleh angka faktor koreksi sebesar 0,89 artinya pada saat *Daily Report* melaporkan *shotcrete* yang digunakan sebesar 5 m³, maka hasil 5 m³ harus dikali atau dikonversi dengan angka 0,89 untuk mendapatkan hasil aktual dari *shotcrete* yang telah digunakan. Sehingga didapatkan *shotcrete* aktualnya sebesar 4,43 m³.

PENUTUP

Kesimpulan

1. *Delivery Process* dimulai setelah proses *Batching* dan *Mixing* oleh *Batch Plant* dan berakhir pada proses *Placement* oleh *Maxijet*, dengan waktu transfer rata-rata:

- *Batch Plant* ke *WS Mixer* 71,62 detik
- *WS Mixer* ke *Getman Mixer* 99,22 detik

Dan waktu pengantaran rata-rata:

- *WS Mixer* ke *Getman Mixer* 27 menit
- *Getman Mixer* ke Lokasi *Heading* 5 menit

2. Rata-rata volume *shotcrete* yang di transfer sebesar:

- *Batch Plant* 4,83 m³
- *WS Mixer* 4,76 m³
- *Getman Mixer* 3,92 m³

Perbedaan volume ini disebabkan karena:

- Kondisi agregat penyusun *shotcrete* yang berubah-ubah
- *Drum Mixer* berputar diluar kecepatan yang sudah ditentukan
- Terjadi pengerasan *shotcrete* dan pengurangan volume pada *drum Mixer*

3. Berdasarkan perbedaan volume aktual dengan *report*, diperoleh angka faktor koreksi 0,87, 0,89 dan 0,79.

Saran

1. Karena *Mix Design* yang dibuat masih dalam kondisi agregat yang normal (tidak terlalu basah dan kering), maka perlu dibuat *Mix Design* dalam beberapa kondisi, keadaan basah, standar dan kering yang sesuai dengan target (1 × batch & mix = 1 m³). Agar *Batcher* (operator *Batch*

- Plant) tidak lagi mengira-ngira takaran *Mix Design* yang menyebabkan kuantitas *shotcrete* berubah.
2. Pada saat proses transfer dari *WS Mixer* maupun *Getman Mixer* sebaiknya operator *stand by* di *cabin* untuk mengatur kecepatan putar *drum* agar *shotcrete* yang tertampung pada *drum Getman Mixer* dapat tertampung secara optimal.
 3. Untuk meminimalisir kemungkinan terburuk, perencanaan kebutuhan *Shotcrete* menggunakan angka Faktor Koreksi 0.89.
 4. Agar dinging *drum* tetap bersih dan tidak terjadi pengurangan kapasitas volume *drum Getman* yang disebabkan oleh *shotcrete* yang mengeras, perlu dibuatnya jadwal Chipping secara berkala dan dimasukkan ke dalam SOP.
 5. Agar Faktor Koreksi dapat diperbaharui, perlu dilakukan pengukuran ketika hasil *report* sudah melebihi *Shotcrete* yang sudah direncanakan.
- Höfler, dkk, (2011), *Sika Sprayed Concrete Handbook*, Switzerland.
- Kresno, (1998), *Metode Tambang Bawah Tanah*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN “Veteran”, Yogyakarta.
- Nugraha dan Antoni, (2007), *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Rostiyanti, Susi Fatena, (2008), *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Sugiyono, (2003), *Metode Penelitian Administratis Dilengkapi Dengan Metode R&D Edisi Revisi Dilengkapi dengan Metode R&D*, Alfabeta. Bandung.
- Sukandarrumidi, (2006), *Metodologi Penelitian*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tjokodimuljo K, (1996), *Teknologi Beton*, Nafiri. Yogyakarta.
- Tumatar, Jeffry Franky, (2009), *Analisa dan Perbandingan Metode Wet Mix Dengan Dry Mix Shotcrete Pada Pekerjaan Kontruksi PT. Gematek Kontruksitama*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2018), *Rock Support Theory & Practice*. PT Freeport Indonesia, Tembapapura.
- Antoni D, (2012), *Efek Kekasaran Pipa Terhadap Koefisien Gesek*, Skripsi Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok.

**PETUNJUK PENULISAN INTAN JURNAL PENELITIAN
TAMBANG
(CENTER, TIMES NEW ROMAN 16, BOLD)**

Penulis 1¹⁾, Penulis 2²⁾, Penulis 3³⁾

¹⁾³⁾Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Universitas Papua
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari
²⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Papua
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari
Email: ¹⁾penulis1@gmail.com, ²⁾penulis2@yahoo.co.id, ³⁾penulis3@unipa.ac.id

Abstract

Abstract title is written with Times News Roman style (10 pt and bold) and centered format. The distance between abstract with Author address is 2 spaces (10 pt). the body text of abstract was written italic style (10 pt) amounts 150-200 words, with left margin and right margin 35 mm and 30 mm from edge. Key words written under the abstract text arranged in alphabetical order and separated by a semicolon. Title keywords written with regular format with 11 pt bold font while the key words in italics (italic). Abstract was written in English and Indonesian, if article was written in Indonesian. If article was written in English, abstract was written in English. The titles article was written before the contents of the abstract format Bold UPPER CASE.

Keyword: *abstract, keyword, title, writing guidelines*

Abstrak

Judul abstrak ditulis dengan huruf Times New Roman rata tengah dengan format 10 pt bold. Jarak antara judul abstrak dengan nama lembaga adalah 2 spasi (10 pt). Jarak antara teks abstrak dengan judul abstrak adalah 1 spasi (10 pt). Abstrak ditulis dengan huruf miring (Italic) sepanjang 150-200 kata, dengan margin kiri 35 mm dan margin kanan 30 mm. Abstrak ditulis dengan format satu kolom. Kata kunci ditulis di bawah teks abstrak, disusunurut abjad dan dipisahkan oleh tanda titik koma. Judul kata kunci ditulis dengan format regular dengan font 11 pt bold sedangkan kata kuncinya ditulis dengan huruf miring (italic). Abstrak ditulis dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia, jika artikel berbahasa Indonesia. Jika artikel berbahasa Inggris maka abstrak cukup ditulis dengan bahasa Inggris saja. Judul dalam abstrak ditulis sebelum isi abstrak dengan format UPPER CASE Bold.

Kata kunci: abstrak, kata kunci, judul, petunjuk penulisan

PENDAHULUAN

INTAN Jurnal Penelitian Tambang diterbitkan sejak 2018 dengan frekuensi 2 (dua) kali setahun setiap bulan Mei dan November. INTAN Jurnal Penelitian Tambang dicetak dari artikel-artikel yang dikirim ke Redaksi INTAN Jurnal Penelitian Tambang setelah melalui proses review oleh Dewan Redaksi dan/atau Mitra Bebestari. Setiap artikel yang dikirimkan harus terbebas dari unsur plagiarisme maupun autoplagiarisme.

INTAN Jurnal Penelitian Tambang sebagai jurnal nasional dikembangkan dengan sistem pengelolaan secara online. Proses *submitted* /pendaftaran artikel dan proses telaah artikel dikerjakan secara online.

Artikel dapat ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia yang baik dan benar. Artikel dapat berupa hasil-hasil penelitian, kajian pustaka, maupun analisis serta pemecahan permasalahan yang relevan dengan bidang ilmu teknik pertambangan, yang belum pernah dipublikasikan dalam media publikasi lainnya.

METODE PENULISAN

Petunjuk Umum

Artikel harus ditulis pada kertas HVS ukuran A4 (210 x 297 mm). Artikel ditulis tanpa nomor halaman dan disusun dengan urutan topik bahasan: Pendahuluan, Metode Penelitian Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih (kalau ada), Daftar Notasi (jika ada) dan Daftar Pustaka. Abstrak dan Judul ditulis dalam 2 (dua) bahasa yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.

Petunjuk Penulisan

Artikel diawali dengan judul artikel dengan font 16 pt bold format UPPER CASE. Nama penulis ditulis di bawah judul dengan format Title Case font 12 pt bold. Nama penulis ditulis lengkap tanpa gelar akademik. Nama lembaga (institusi asal, alamat, nomor telepon, nomor faksimil dan e-mail) ditulis di bawah nama penulis dengan huruf Times New Roman dengan format Title Case, 11 pt. Jika penulis lebih dari satu, hendaknya ditulis email untuk penulis korespondensi (*corresponding author*). Judul artikel, nama penulis dan nama lembaga ditulis rata tengah. Jarak antara judul dengan nama penulis adalah 2 spasi (10 pt) dan jarak antara nama penulis dengan nama lembaga adalah 1 spasi (10 pt).

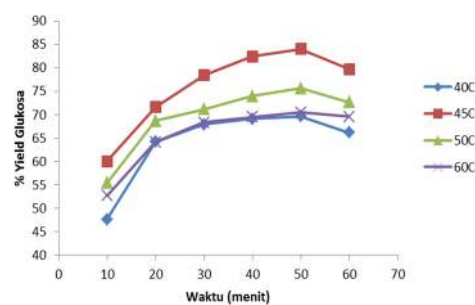
Isi artikel ditulis dengan format margin kiri 25 mm, margin kanan 20 mm, margin bawah 20 mm dan margin atas 30 mm. Jarak *header* dari tepi kertas adalah 20 mm, dan jarak *footer* dari tepi kertas (*edge*) adalah 13 mm. Artikel diketik dalam program MS Word dengan jenis huruf Times New Roman dengan font 11 pt, 1 spasi dan dalam format dua kolom. Setiap artikel terdiri atas maksimum 15 halaman (termasuk gambar dan tabel) dan ditulis *justified*. Penulisan paragraf di tepi kiri baris dengan jarak peralihan paragraf baru 10 pt (awal paragraf menjorok ke dalam).

Sub judul ditulis dengan huruf tebal dengan format UPPER CASE dan disusun rata kiri tanpa nomor dan garis bawah. Sub sub judul ditulis dengan huruf tebal dengan format Title Case dan disusun rata kiri tanpa nomor dan garis bawah. Sub sub sub judul ditulis dengan huruf tebal dengan format Sentence case dan disusun rata kiri tanpa nomor dan garis bawah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar dan Tabel

Gambar dan Tabel diletakkan di dalam kelompok teks dan diberi keterangan. Gambar dan tabel diikuti dengan judul gambar yang diletakkan di bawah gambar yang bersangkutan dan judul tabel yang diletakkan di atas tabel yang bersangkutan. Judul gambar dan judul tabel diberi nomor urut. Gambar dijamin dapat tercetak dengan jelas walaupun diperkecil sampai 50%. Gambar atau diagram/skema sebaiknya diletakkan di antara kelompok teks. Gambar tidak dibingkai. Untuk gambar atau grafik yang berwarna, mohon dikirimkan *softfile* bersamaan dengan *file* tulisan jika ingin dicetak berwarna. Tabel yang ditampilkan tanpa garis vertikal, sedangkan garis horisontal hanya ditampilkan 3 garis horisontal utama yaitu 2 garis horisontal untuk item judul kolom dan garis penutup dari baris paling bawah.



Gambar 1. Yield glukosa dengan suhu yang berbeda untuk *powder* biomassa yang tetap 5 g/L, pada konsentrasi enzim 30% dan pH 4,5

Tabel 1. Komposisi mikroalga spesies *Tetraselmis chuii*

Komponen	Komposisi (%w/w)
α -sellulosa	47,2 %
Hemisellulosa	35,5%
HWS	17%

Persamaan

Persamaan ditulis rata tengah dan diberi nomor yang ditulis di dalam kurung. Nomor tersebut ditempatkan di akhir margin kanan dari kolomnya.

$$D = \frac{A}{(V_{rel}^2 \rho_a)^2} + B \left(\frac{M_{air}}{M_{liq}} \right)^{-\beta} \quad (1)$$

Penulisan Kutipan/Cuplikan

Sistem penulisan kutipan/cuplikan suatu naskah atau literatur menggunakan sistem Harvard. Sumber pustaka dituliskan di dalam uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitannya. Contoh: Usaha-usaha untuk mencari sistem penyimpanan panas yang lebih baik telah banyak dilakukan, diantaranya adalah menggunakan panas laten peleburan dari PCM (Yanadoro dan Matsuda, 2006 untuk satu atau dua penulis ; Sutrisno dkk., 2011; Smith *et al.*, 2011 untuk penulis lebih dari dua). Menurut Sanyono (2010),dst.

KESIMPULAN

Artikel dikirimkan/didaftarkan secara online dengan cara mengakses website dari INTAN Jurnal Penelitian Tambang dengan alamat sebagai berikut; <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/intan/index>.

Setiap Penulis harus mempunyai *user name* dan kata kunci/*Password* untuk bisa mendaftarkan artikelnya. Data pada bagian Metadata harus diisi secara lengkap dari semua Penulis. Setiap mendaftarkan artikelnya dapat dilengkapi dengan Surat Peryataan yang menyatakan bahwa artikel terbebas dari konflik dan plagiarism. Bagi calon Penulis yang belum bisa *submitted* secara online dapat menghubungi Redaksi melalui jalur E-mail dengan alamat j.horman@unipa.ac.id atau juanita.horman@gmail.com

Setiap artikel yang masuk akan dilakukan telaah oleh Dewan Redaksi dan/atau Mitra Bebestari. Korespondensi akan ditujukan kepada

penulis pertama. Penulis harus segera memperbaiki artikel sesuai petunjuk reviewer. Jika artikel telah dinyatakan diterima baik *Major Revision* maupun *Minor Revision*, maka Penulis harus memperbaiki artikel paling lama 0,5 bulan setelah pemberitahuan. Jika penulis tidak segera memperbaiki artikelnya, maka pada saat mengirimkan artikel akan dianggap sebagai pendaftaran baru (New Submission).

Redaksi berhak menolak artikel yang dikirim apabila tidak relevan dengan bidang teknik pertambangan, tidak *up to date* atau sudah pernah dipublikasikan dalam majalah ilmiah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka disusun menurut abjad tanpa penomoran dan jarak antara daftar pustaka adalah ½ spasi (5 pt). Aturan penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Pustaka yang berupa majalah/jurnal ilmiah/prosiding:

Sumin, L., Youguang, M.A., Chunying, Z., Shuhua, S., and Qing, H.E., (2009), The Effect of Hydrophobic Modification of Zeolites on CO₂ Absorption Enhancement, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 17(1), pp. 36-41.

Pustaka yang berupa judul buku :

Fogler, H.S., (2006), *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 4th, Prentice Hall International, Upper Sadle River, New Jersey, pp. 47-93

Pustaka yang berupa disertasi/thesis/skripsi :

Djaeni, M., (2008), Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products, *PhD Thesis*, Wageningen University, The Netherlands.

Pustaka yang berupa paten:

van Reis, R.D., (2006), Charged Filtration Membranes and Uses Therefore, *US Patent 7,001,550*.

Pustaka yang berupa HandBook :

Knothe, G., van Gerpen, J., and Krahl, J., (2005), *The Biodiesel Handbook*, AOCS Press, Campaign, Illionis, USA, pp. 70-84

INTAN

Jurnal Penelitian Tambang

Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan (FTPP)
Universitas Papua, Gedung Teknik, Jalan Gunung Salju, Amban,
Manokwari, Papua Barat

Telepon : 085244058187
Website : ftppunipa.com/jurnal/index.php/intan

ISSN 2655-3473



9 772655 347052