

PEDOMAN TEKNIS EKSPLORASI PASIR BESI
Disusun oleh Tim Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral
(Sekarang Pusat Sumber Daya Geologi)
2005

I. PENDAHULUAN

Pasir besi merupakan salah satu endapan besi yang selain telah dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam industri semen juga mempunyai prospek untuk dikembangkan sebagai bahan baku besi baja sesuai dengan perkembangan teknologi pengolahan dan kebutuhan pasar.

Sampai saat ini eksplorasi pasir besi sudah banyak dilakukan baik oleh pihak swasta maupun pemerintah, namun belum ada pedoman baku eksplorasi pasir besi yang bisa dipakai sebagai acuan teknis, terutama dalam penyusunan laporan hasil eksplorasi pasir besi.

Pedoman Teknis Eksplorasi Pasir Besi dapat dipakai sebagai bahan acuan bagi pemerintah dan swasta dalam melakukan eksplorasi endapan pasir besi agar ada keseragaman dalam melakukan eksplorasi dan pelaporan.

II. RUANG LINGKUP

Pedoman Teknis Eksplorasi Pasir Besi ini meliputi tata cara eksplorasi mulai dari tahap persiapan, penyelidikan lapangan, pekerjaan laboratorium, pengolahan data dan pembuatan laporan dan mengacu kepada beberapa SNI yang terkait dengan aspek sumberdaya, cadangan dan eksplorasi bahan galian.

III. ISTILAH PENTING

- **Pasir Besi** adalah endapan pasir yang mengandung partikel bijih besi (magnetit), yang terdapat di sepanjang pantai, terbentuk karena proses penghancuran oleh cuaca, air permukaan dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral besi seperti magnetit, ilmenit, oksida besi, kemudian terakumulasi serta tercuci oleh gelombang air laut.
- **Gumuk Pasir atau *Sand dunes*** adalah Longgokan pasir besi atau bukan pasir besi yang terletak searah dengan pantai dan memanjang, yang mempunyai ketinggian sampai dengan 15 meter
- **Konsentrat Pasir Besi** adalah *Crude sand* yang telah mengalami benefisiasi melalui proses pemisahan magnet yang mempunyai prosentasi kemagnetan (MD
- **Conto individu** adalah conto pasir besi hasil pemboran yang diambil dari tiap interval kedalaman tertentu, biasanya tiap 1 atau 1,5 m.
- **Conto komposit** adalah conto pasir besi hasil pemboran yang diambil dari satu lubang bor.
- **Pereduksi Conto (*Increment box*)** adalah alat pereduksi conto di lapangan yang berupa bak terbuat dari kayu dengan ukuran lebar x panjang x tebal: 60 cm x 90 cm x 2 cm (J.I.S., 1965), untuk mendapatkan conto yang representatif.

- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Hipotetik** adalah sumber daya yang dihitung dengan interval bor > 1000 m.
- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Tereka** adalah sumber daya yang dihitung dengan interval bor 1000 m x 80 m.
- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Tertunjuk** adalah sumber daya yang dihitung dengan interval bor 400 m x 40 m.
- **Sumber Daya Endapan Pasir Besi Terukur** adalah Sumber daya yang dihitung dengan interval bor 100 m x 20 m.
- **Cadangan Pasir Besi Terkira (*Probable Ore Reserves*) adalah** Sumber daya tertunjuk yang berdasarkan studi kelayakan tambang, semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga penambangan dapat dilakukan secara ekonomis.
- **Cadangan Pasir Besi Terbukti (*Proved Ore Reserves*) adalah** sumber daya terukur yang berdasarkan studi kelayakan tambang, semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga penambangan dapat dilakukan secara ekonomis.

IV. TATA CARA EKSPLORASI

Tatacara eksplorasi pasir besi meliputi urutan kegiatan eksplorasi pasir besi mulai dari kegiatan sebelum pekerjaan lapangan, saat pekerjaan lapangan dan setelah pekerjaan lapangan yang dilakukan untuk mengetahui potensi pasir besi.

- **Kegiatan Sebelum Pekerjaan Lapangan**

- **Studi Literatur** yang dilakukan meliputi: pengumpulan dan pengolahan data serta laporan kegiatan sebelumnya.

- **Studi Penginderaan Jarak Jauh** dengan jenis data yang dapat digunakan dalam studi ini meliputi : data Citra *Landsat* MSS TM/ *Tematic mapper*, SLAR, *Spot image* dan foto udara. Dengan data penginderaan jarak jauh ini dapat dilakukan interpretasi gejala-gejala geologi yang berguna sebagai acuan dalam eksplorasi pasir besi.

- **Studi Geofisika** dengan data yang digunakan dalam studi ini merupakan data geofisika berupa anomali kemagnetan.

- **Persiapan dan Penyediaan Peralatan Lapangan** untuk pekerjaan lapangan antara lain: peta dasar topografi dan peta geologi, alat bor tangan, alat ukur topografi, palu geologi, kompas geologi, *loupe*, alat tulis, magnetik pen, *susceptibility meter*, *Global Positioning System* (G.P.S.), kamera, alat gali, pita ukur, alat preparasi conto, kantong conto dan peralatan keselamatan kerja.

- **Kegiatan Pekerjaan Lapangan**

- **Pemetaan Geologi** dalam penyelidikan pasir besi meliputi pemetaan batas pasir pantai dengan litologi lainnya, sehingga dapat diperoleh gambaran sebaran endapan pasir besi.

- **Pengukuran Topografi** dilakukan untuk menggambarkan morfologi pantai dan perencanaan penempatan titik-titik lokasi pemboran dan sumur uji serta lintasan geofisika.

Urutan kegiatan yang dilakukan dalam pengukuran topografi adalah sebagai berikut:

- Penentuan koordinat titik awal pengukuran pada punggung *sand dune*.
- Pembuatan garis sumbu utama (*base line*) dan

- Pengukuran siku-siku untuk garis lintang (*cross line*).

Garis sumbu utama diusahakan searah dengan garis pantai dan garis-garis lintang yang merupakan tempat kedudukan titik bor, arahnya dibuat tegak lurus terhadap sumbu utama dengan interval jarak tertentu.

- **Geofisika (Geomagnetik)** metoda geofisika yang digunakan dalam studi ini adalah metoda geomagnetik yang meliputi: *aeromagnetic* dan *groundmagnetic*, namun jarang diterapkan. Tujuan dari penerapan metode ini adalah untuk mencari sebaran anomali magnetik daerah pantai yang dieksplorasi.

- **Pemboran** ini dimaksudkan untuk mengambil conto-conto pasir besi pantai baik yang ada diatas permukaan laut maupun yang berada dibawahnya. Pekerjaan pemboran pasir besi dilakukan dengan menggunakan bor dangkal baik yang bersifat manual (Doormer) maupun bersifat semi mekanis (Gambar 1). Kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Penentuan lokasi titik bor
- *Setting* alat bor
- Pembuatan lubang awal dilakukan dengan menggunakan mata bor jenis Ivan sampai batas permukaan air tanah.
- Setelah menembus lapisan air tanah, pemboran dilakukan dengan menggunakan *casing* yang didalamnya dipasang *bailer*.
- Pemboran dihentikan sampai batas batuan dasar.

Pengambilan conto pasir besi yang terletak di atas permukaan air tanah diambil dengan sendok pasir (*sand auger*) jenis Ivan berdiameter 2,5 inchi, sedangkan conto pasir yang berada di bawah permukaan air tanah dan bawah permukaan air laut diambil dengan *bailer* yang dilengkapi *ball valve*. Conto-conto diambil untuk setiap kedalaman 1,5 meter atau setiap satu meter dan dibedakan antara conto dari horizon A, conto horizon B dan conto dari horizon C.

Pola pemboran dan interval titik bor yang digunakan pada pekerjaan ini disesuaikan dengan tahapan survei, sebagai contoh pada tahapan eksplorasi rinci digunakan pola pemboran dengan interval 100 m x 20 m (Gambar 2).

- **Pembuatan Sumur Uji**, pada umumnya dilakukan pada pasir besi undak tua yang telah mengalami kompaksi. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengambil conto-conto pasir besi pantai sampai pada kedalaman tertentu sampai mencapai permukaan air dan untuk mengetahui profil/penampang tegak per lapisan pasir besi.

Kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Penentuan lokasi sumur uji.
- Penggalan dengan luas bukaan sumur 1m x 1m atau 1,5m x 1,5m.
- Bila terjadi runtuh maka dibuat penyangga.
- Pembuatan sumur dihentikan apabila telah mencapai permukaan air atau telah mencapai batuan dasar.

Pengambilan conto pasir besi dari sumur uji diambil dengan interval setiap satu meter menggunakan metoda *channel sampling*, dengan ukuran 5 cm x 10 cm.

- **Preparasi Conto**, proses preparasi di lapangan untuk conto bor dan sumur uji dapat dilakukan dengan dua metoda, yaitu: *increment* atau *Riffle splitter*. Conto yang diambil harus homogen dari setiap interval kedalaman. Dengan pengambilan yang cukup representatif akan menjamin ketelitian dalam analisa kimia, perhitungan sumber daya atau cadangan dari endapan pasir besi pantai. Pengambilan conto-conto tersebut didasari oleh prosedur baku dalam eksplorasi endapan pasir besi pantai.

Kegiatan yang dilakukan dalam proses preparasi dengan metoda *increment* mengacu pada *Japan Industrial Standard (J.I.S)*, yaitu :

- Conto pasir hasil pemboran atau sumur uji ditampung pada suatu wadah dan diaduk hingga homogen
- Conto tersebut di atas dimasukkan dalam kotak *increment*, diratakan dan dibagi dalam garis kotak- kotak (Gambar 3).
- Conto direduksi dengan menggunakan sendok *increment* dari kotak *increment*, dari tiap-tiap kotak ditampung dalam kantong conto (Gambar 4).
- Conto hasil reduksi kemudian dikeringkan.
- Conto yang sudah dikeringkan dari tiap – tiap interval dibagi menjadi 3 bagian. Satu bagian untuk conto individu, satu bagian untuk conto komposit dan satu bagian untuk duplikat.
- Satu bagian conto dari tiap interval digabungkan dengan interval lainnya menjadi conto komposit.

Kegiatan yang dilakukan dalam proses preparasi dengan metoda *riffle splitter*, yaitu :

- Conto pasir hasil pemboran atau sumur uji ditampung pada suatu wadah dan diaduk hingga homogen, kemudian dikeringkan
- Conto yang telah kering direduksi dengan *riffle splitter* hingga mendapatkan berat yang diinginkan (± 3 kg).
- Conto yang sudah mengalami *splitting* dari tiap – tiap interval dibagi menjadi 3 bagian. Satu bagian untuk conto individu, satu bagian untuk conto komposit dan satu bagian untuk duplikat.
- Satu bagian conto dari tiap interval digabungkan dengan interval lainnya menjadi conto komposit.

- **Penentuan Persentase Kemagnetan (MD)**, diawali dengan pemisahan mineral magnetik dengan non-magnetik, sebagai berikut:

- Hasil preparasi conto dilapangan sebanyak 1 kg, direduksi hingga ± 100 gr menggunakan *splitter* (conto hasil reduksi).
- Conto hasil reduksi ditaburkan dalam suatu tempat secara merata.
- Pemisahan dilakukan dengan menggerakkan magnet batang 300 gauss berulang-ulang minimal 7 kali di atas selembur kaca setebal 2 mm yang dibawahnya tertabur conto pasir untuk mendapatkan conto konsentrat yang cukup bersih. Jarak antara magnet batang dengan lapisan pasir harus dibuat tetap untuk menghindari perbedaan kuat medan magnet.

- Konsentrat yang diperoleh dari pemisahan magnet, ditimbang dalam satuan gram. Dengan membandingkan berat konsentrat dan berat conto hasil reduksi, maka didapat harga persentase magnetik dengan rumus :

$$M.D = \frac{\text{Berat Konsentrat}}{\text{Berat conto hasil reduksi}} \times 100 \%$$

- **Penentuan Berat Jenis *insitu*** dilakukan dengan cara sebagai berikut:
 - Penghitungan volume conto dari bor berdasarkan perhitungan volume bagian dalam dari *casing* dengan rumus:

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

V = Volume conto

π = Konstanta (3,14)

r = jari-jari bagian dalam *casing*;

t = ketinggian conto dalam *casing*.

- Penentuan berat dengan cara menimbang setiap interval conto

- **Kegiatan Setelah Pekerjaan Lapangan**

- **Analisa Laboratorium dilakukan** conto-conto setelah dikumpulkan (Gambar 6). Pekerjaan analisa laboratorium meliputi analisa kimia dan fisika.

Analisa kimia dilakukan terhadap conto individu untuk mengetahui kandungan unsur dalam konsentrat, antara lain: Fe_{total} (FeO dan Fe₂O₃, Fe₃O₄) dan Titan. Analisa kimia dapat dilakukan dengan beberapa metoda, antara lain AAS, volumetrik, XRF dan ICP.

Analisa fisika yang dilakukan antara lain analisa mineral butir, analisa ayak, analisa sifat magnetik dan berat jenis. Analisa mineral butir dilakukan untuk mengetahui jenis dan persen berat mineral baik untuk fraksi magnetik maupun nonmagnetik. Conto yang dianalisa mineral butir berasal dari conto komposit, yang mewakili wilayah/ blok pemboran. Analisa ayak dimaksudkan untuk mengetahui ukuran butiran pasir besi yang dominan. Analisa ayak dilakukan terhadap conto pilihan berasal dari bagian-bagian blok interval dalam bentuk conto komposit berat 500 gram yang dibagi menjadi 6 fraksi, yakni :

1. butiran yang lebih besar + 2 mm atau + 10 mesh
2. butiran antara -2 + 1mm atau -10 + 18 mesh
3. butiran antara -1 + ½ mm atau -18 + 35 mesh;
4. butiran antara -1/2 + ¼ mm atau -35 + 72 mesh;
5. butiran antara -1/4 + 1/8 atau -72 + 150 mesh dan
6. butiran yang lebih kecil dari -1/8 mm.

Masing-masing fraksi jumlahnya dinyatakan dalam persen berat yang dapat digambarkan dalam bentuk diagram balok sehingga sebaran fraksi pasir besi yang dominan dapat diketahui (Gambar 7). Analisa berat jenis dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis pasir besi. Analisa dilakukan dengan cara conto asli (*crude sand*) seberat 100 gram dimasukkan ke dalam air yang diketahui volumenya di dalam

gelas ukur. Untuk memudahkan perhitungan ditetapkan volume 200 cc, apabila kenaikan air menjadi A cc, maka volume pasir yang dimasukkan = A – 200 cc.

Jadi berat jenis = $100 / (A-200)$ gram /cc.

- **Pengolahan Data** dari hasil pengamatan dan analisa laboratorium diolah dan ditafsirkan secara seksama untuk memberikan gambaran tentang kondisi geologi daerah penelitian yang berkembang dari aspek genetik, posisi, hubungan serta distribusinya.

Data hasil analisa MD dan pemboran dibuat profil penyebaran endapan pasir besi terhadap sumbu panjang (sejajar pantai) dan sumbu pendek (tegak lurus pantai) dan *isograde*. Lokasi-lokasi pengambilan conto diplot dalam peta topografi hasil pengukuran (Peta Lokasi Pengambilan Conto dan Peta *Isograde*).

Peta-peta yang dihasilkan bertujuan untuk keperluan penambangan, misalnya : peta *isograde* dan peta topografi serta penampang tegak sebaran bijih besi ke arah kedalaman baik sejajar garis pantai maupun yang memotong tegak lurus garis pantai. Bentuk-bentuk gumpuk pasir baik yang *front* maupun *back dunes* dipetakan secara rinci.

Perhitungan sumber daya secara manual dilakukan dengan beberapa metoda, antara lain:

- Metoda daerah pengaruh dengan rumus :

$$C = (L \times t) \times MD \times SG$$

Dimana : C = Sumber daya dalam ton

L = Luas daerah pengaruh dalam m²

t = Tebal rata-rata endapan pasir besi dalam meter

MD = prosentase kemagnetan dalam %

SG = Berat Jenis dalam ton/m³

- Metoda Geostatistik

Metoda ini digunakan untuk membantu dalam perhitungan estimasi sumber daya/cadangan endapan bahan galian dimana nilai conto merupakan realisasi fungsi acak (statistik spasial). Pada hipotesis ini, nilai conto merupakan suatu fungsi dari posisi dalam cebakan, dan posisi relatif conto dimasukkan dalam pertimbangan. Kesamaan nilai-nilai conto yang merupakan fungsi jarak conto serta yang saling berhubungan ini merupakan dasar teori statistik spasial. Metoda ini jarang dilakukan dalam perhitungan estimasi sumber daya /cadangan pasir besi.

Untuk mengetahui sejauh mana hubungan spasial antara titik-titik di dalam cebakan, maka harus diketahui fungsi strukturalnya yang dicerminkan oleh model semivariogramnya.

Menetapkan model semivariogram merupakan langkah awal dalam perhitungan geostatistik, selanjutnya dengan perhitungan varian estimasi, varian dispersi, varian kriging, dll.

Metoda geostatistik yang digunakan dalam eksplorasi pasir besi adalah varian estimasi. Pada metoda ini estimasi suatu cadangan dicirikan oleh suatu ekstensi/pengembangan satu atau beberapa harga yang diketahui terhadap daerah sekitarnya yang tidak dikenal. Suatu harga yang diketahui (diukur pada conto inti,

atau pada suatu blok) diekstensikan terhadap bagian-bagian yang diketahui pada satu endapan bijih.

Ada beberapa cara estimasi yang sudah dikenal pada kegiatan pertambangan antara lain :

- a. Estimasi kadar rata-rata suatu cadangan bijih berdasarkan rata-rata suatu kadar yang didapat dari analisis conto pemboran/sumur uji.
- b. Estimasi endapan bijih pada suatu tambang atau blok-blok penambangan dengan menggunakan sistem poligon sebagai daerah pengaruh, yang antara lain didasari oleh titik-titik pengamatan berikutnya, pembobotan secara proporsional yang berbanding terbalik dengan jarak dan lain-lain.

Tujuan dari penggunaan metoda ini antara lain untuk memperoleh gambaran tiga dimensi dari bentuk endapan pasir besi. Pada penerapannya untuk perhitungan dalam geostatistik umumnya memerlukan bantuan komputer. Geoplan merupakan perangkat lunak yang diperlukan dalam paket perhitungan variogram. Selain itu juga digunakan perangkat lunak program KRIG3D yang merupakan paket program kriging, varian estimasi dan varian dispersi.

V. Tahapan Eksplorasi

- **Penyelidikan Umum** adalah tahapan eksplorasi untuk mengidentifikasi daerah potensial keterdapatn pasir besi pada skala regional terutama berdasarkan hasil studi geologi regional dan analisa penginderaan jarak jauh. Pada tahapan ini juga dilakukan pekerjaan pemboran sejajar pantai secara acak disertai pengambilan conto dan pembuatan sumur – sumur uji apabila diperlukan.

Tujuan dari tahapan survei tinjau ini adalah untuk mengidentifikasi daerah yang prospektif untuk diteliti lebih lanjut.

Adapun pekerjaan yang dilakukan pada tahapan ini adalah :

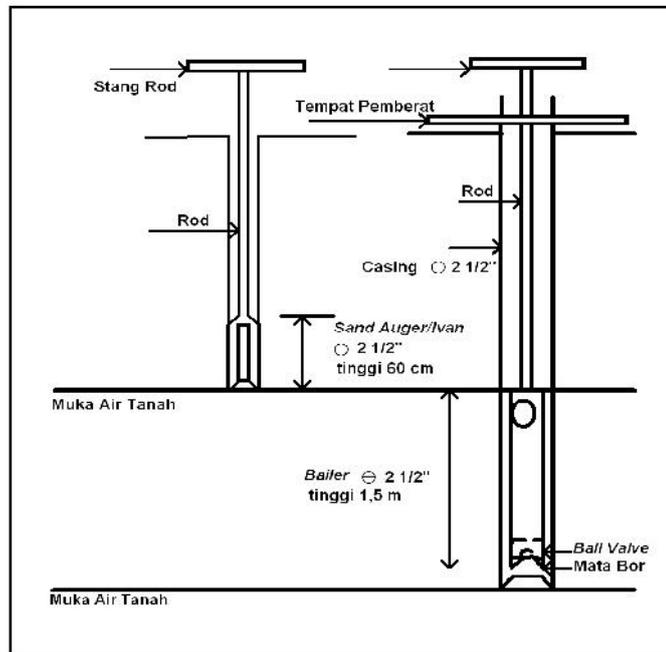
- Pemetaan geologi dan topografi skala 1 : 25.000 sampai skala 1 : 10.000
 - Pemboran dengan jarak antara lubang bor 2 km x 0,08 km sampai dengan 1 km x 0,08 km
 - Pembuatan sumur uji
 - Penentuan sumber daya endapan pasir besi hipotetik sampai tereka
- **Eksplorasi** adalah tahapan lanjutan setelah penyelidikan umum. Tujuannya adalah untuk mengetahui sumber daya endapan pasir besi secara rinci.
- Adapun pekerjaan yang dilakukan pada tahapan ini adalah :
- Pemetaan geologi dan topografi skala 1 : 5000 sampai 1 : 1000
 - Pemboran dengan jarak antara lubang bor 0,4 km x 0,04 km sampai 0,1 km x 0,02 km (Gambar 2 dan 5)
 - Penentuan sumber daya endapan pasir besi terunjuk dan terukur

VI. Pembuatan Laporan

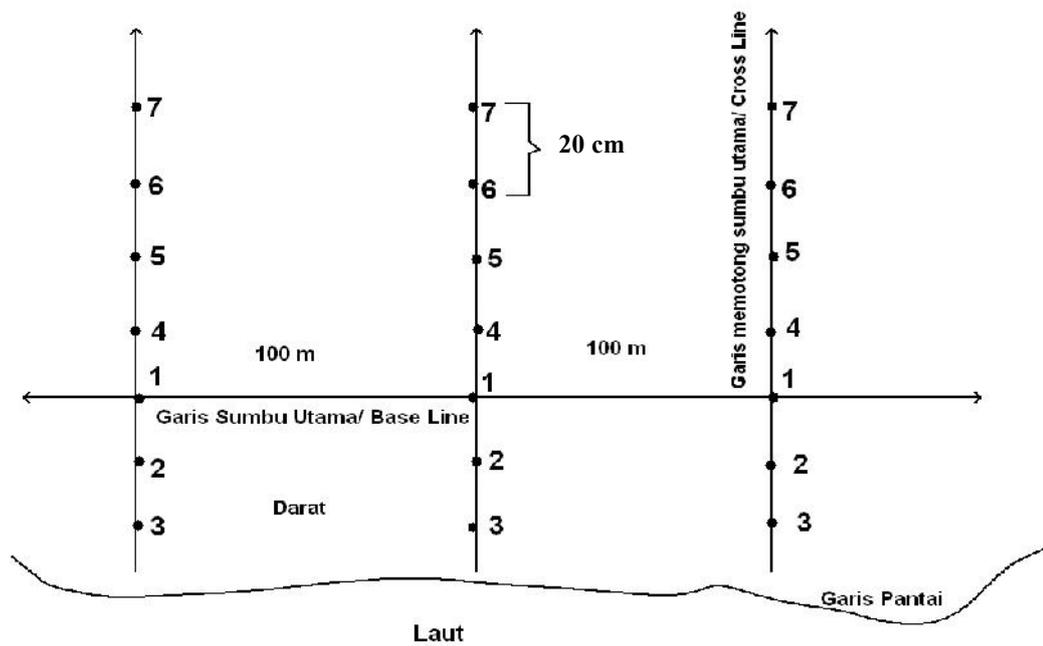
Pembuatan laporan merupakan kegiatan terakhir seluruh pekerjaan eksplorasi yang berisi uraian teknis dan non-teknis. Laporan terdiri dari bab-bab yang berisi Pendahuluan, Kegiatan penyelidikan, Hasil Penyelidikan dan Kesimpulan. Laporan

dilengkapi dengan sari, daftar isi, daftar gambar , daftar foto, daftar tabel dan lampiran, serta daftar pustaka.

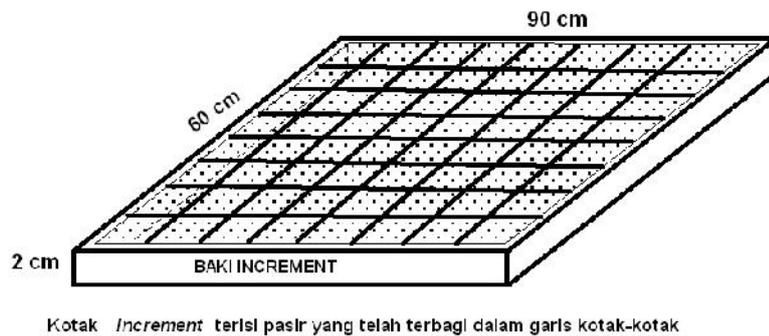
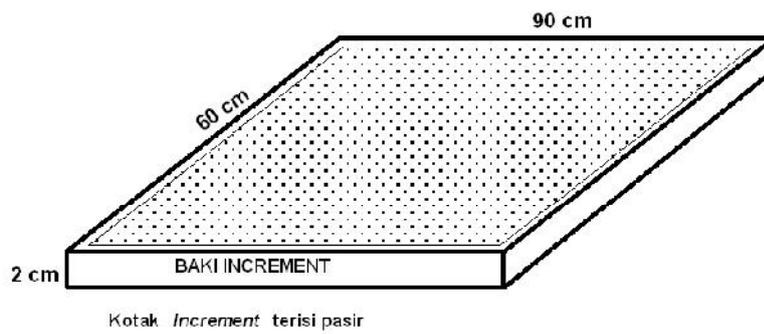
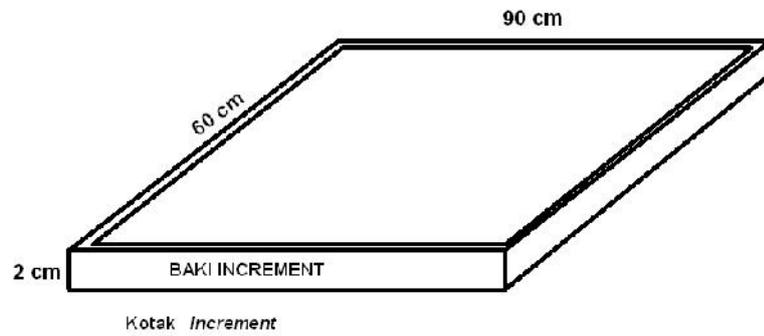
Gambar 1. Sketsa Bor Tangan Doormer



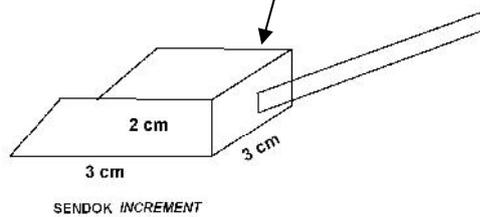
Gambar 2. Pola Pemboran dan Nomor urut Titik Bor



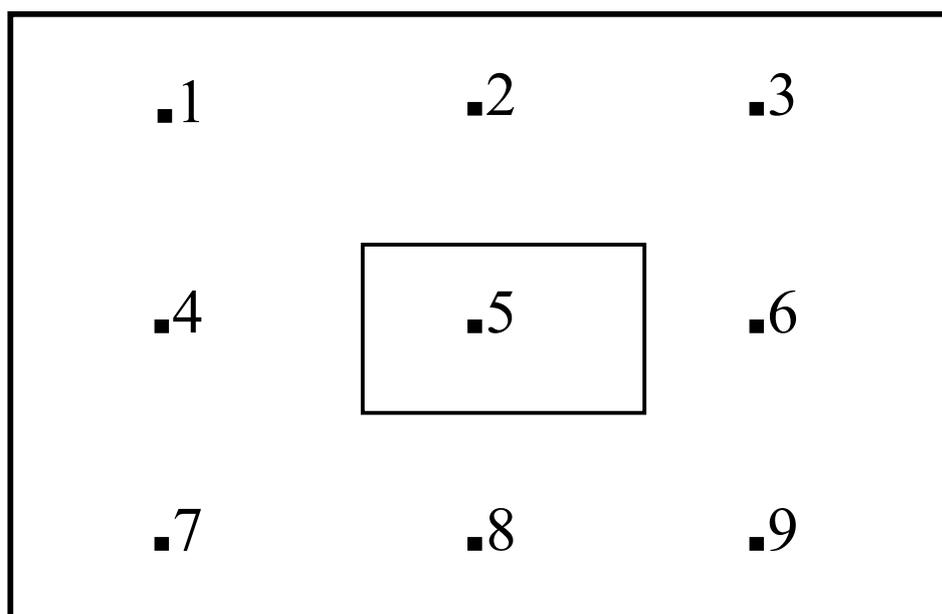
Gambar 3 . Alat Reduksi Penyontohan dengan Metoda “Increment”(Standar J.I.S.)



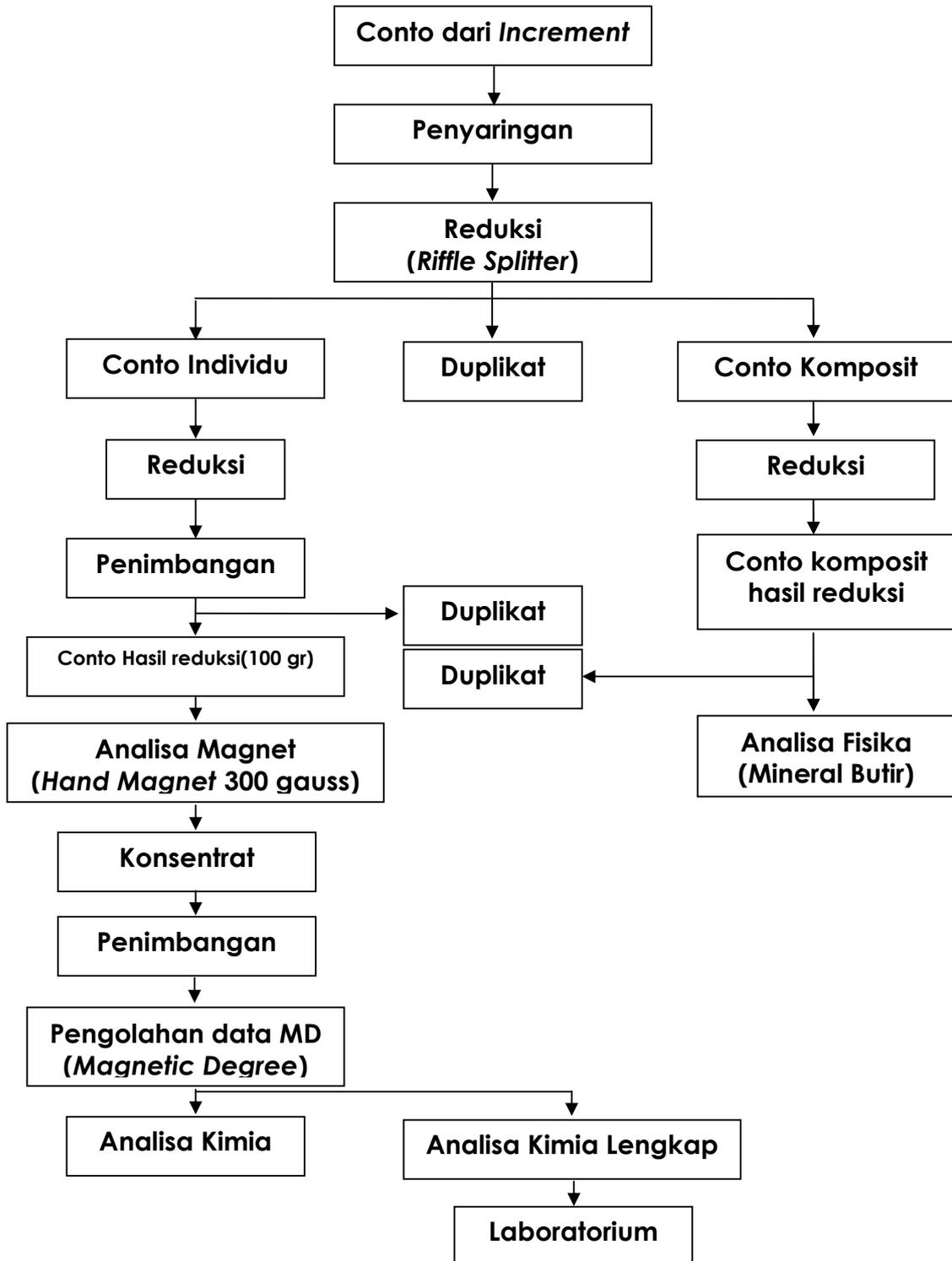
Gambar 4. Teknik Penyontohan Pasir Besi Metoda *Increment*



Gambar 5. Daerah Pengaruh Pemboran Diambil $\frac{1}{2}$ jarak Lubang Bor.



Gambar 6. Bagan Alir Penyiapan Contoh Untuk Analisa Laboratorium

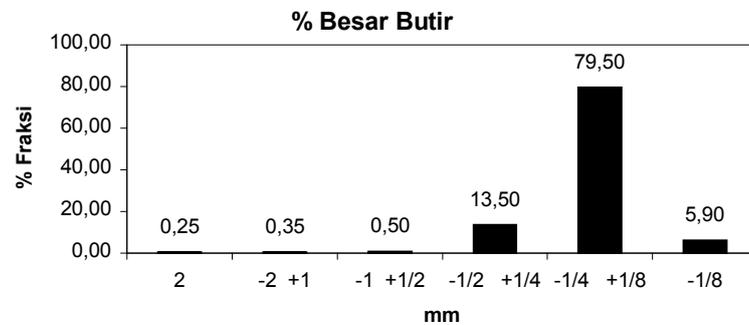


Gambar 7. Conto Hasil Analisa Ayak

I. ANALISA AYAK/ BESAR BUTIR

mm	+ 2	-2 + 1	- 1 + 1/2	-1/2 + 1/4	1/4 + 1/8	- 1/8
Fraksi mesh	+10	-10 + 18	-18 + 35	35 + 72	72 + 150	
% Fraksi	0,25	0,35	0,5	13,5	79,5	5,90

II. DIAGRAM BALOK SEBARAN BESAR BUTIR



III. KOMPOSISI MINERAL

FRAKSI	+ 2	-2 + 1	- 1 + 1/2	-1/2 + 1/4	1/4 + 1/8	- 1/8	Total
% Mineral							
1. Material Organik	100	100	40	2	-	-	1.05
2. Magnetit	-	-	-	3	55	59	45.17
3. Ilmenit	-	-	-	1	5	5	4.35
4. Oksida Besi	-	-	40	40	2	5	7.5
5. Piroksen	-	-	-	20	37	31	36.43
6. Kwarsa	-	-	20	34	1	Tr	5.5

Catatan:

Magnetit = $\text{Fe}_3 \text{O}_4$
 Ilmenit = $\text{Fe}_2 \text{Ti O}_3$
 Oksida Besi = Fe_2O_3
 Piroksen = Ca, Mg, Fe, SiO_2
 Kwarsa = SiO_2

