

出國報告（出國類別：考察、開會）

赴印尼「洽商臺印水庫防淤技術及水利產業合作」

服務機關：經濟部水利署

姓名職稱：張廣智組長、北區水資源局邱忠川副局長

派赴國家：印尼

出國期間：中華民國 107 年 01 月 16 日至 01 月 19 日

報告日期：中華民國 107 年 1 月 30 日

目 錄

壹、目的.....	3
貳、行程.....	4
參、過程紀要.....	8
肆、心得建議.....	18

摘要

本次考察活動主要由我方經濟部工業局、印尼方經濟統籌部共同促成。邀請水利署參與之主因為，印尼國內現有之水庫、堰壩等設施達兩百餘座，部分甚至在建國前荷蘭殖民時期即已存在，對於水庫之清淤、延壽，有殷切之需求。印尼方經濟統籌部官員於前次來訪我國時，曾參訪翡翠水庫，對我國水庫清淤、延壽之技術發展與實務經驗，印象深刻。因而本次考察團即邀請水利署及所屬相關單位，共同就印尼方現有水庫、堰壩之清淤延壽問題，進行經驗分享與交流，希冀未來有合作機會，以我方清淤延壽之創新技術與經驗，協助印尼方進行相關設施之更新、維護。

本次主要工作重點為與印尼方經濟統籌部、公共工程部水資源總署會談，主要針對水庫清淤延壽的台灣經驗交換意見，獲印方瞭解與認同台灣最新的工程技術與觀念，待陳報公共工程部部長同意後，可望進行進一步合作洽商。此外，水資源總署本次協助安排 Jatiluhur 水庫踏勘行程，該水庫係印尼最大的水庫，主要目的是讓團員先瞭解印尼水庫的大致概況，至於需要延壽或清淤的水庫，仍有待雙方進一步討論，以篩選出合適的計畫標的。

此外，本次考察亦參訪雅加達當地之淨水場與污水處理廠，寄望未來能透過教育訓練、技術轉移等方式，將臺灣技術推展至國際，任務圓滿完成。

壹、目的

本次考察活動主要由我方經濟部工業局、印尼方經濟統籌部共同促成。邀請水利署參與之主因為，印尼國內現有之水庫、堰壩等設施達兩百餘座，部分甚至在建國前荷蘭殖民時期即已存在，對於水庫之清淤、延壽，有殷切之需求。印尼方經濟統籌部官員於前次來訪我國時，曾參訪翡翠水庫，對我國水庫清淤、延壽之技術發展與實務經驗，印象深刻。因而本次考察團即邀請水利署及所屬相關單位，共同就印尼方現有水庫、堰壩之清淤延壽問題，進行經驗分享與交流，希冀未來有合作機會，以我方清淤延壽之創新技術與經驗，協助印尼方進行相關設施之更新、維護。

本次個人奉派與北區水資源局邱副局長忠川、中原大學環工系三位教授與博士生、以及中興工程顧問公司水利部協理，組成參訪團，除分別與印方經濟統籌部、公共工程部水資源總署官員會談，促進印方對台灣最新的工程技術與觀念的了解，可望進行進一步合作洽商外，另在印方水資源總署、以及中原大學協助安排下，進行 Jatiluhur 水庫踏勘、雅加達淨水廠、污水處理設施之參訪，達到互相交流、瞭解之目的，為未來台印雙方在水利相關事項上進一步之合作，奠下基礎。

貳、行程

1. 行程

本次出國行程如下表：

日期	行程內容
01/16 (Tue)	<p>出發：BR237 臺北 - 雅加達 抵達雅加達</p> <ul style="list-style-type: none">● 與工業局參訪團共同赴印尼經濟統籌部(Coordinating Ministry for Economic Affairs)洽談產業合作項目(本署重點為水庫防淤)。會議由統籌部次長 Dr. Wahyu Utomo 主持，說明印尼目前新建水庫不易，欲藉由台灣水庫排沙經驗，延長印尼水庫壽齡，雙方未來可就水庫排砂技術加強合作。
01/17 (Wed)	<ul style="list-style-type: none">● PT Aetra Air Jakarta 淨水廠參訪● PD PAL JAYA 污水處理設施參訪● 赴公共工程部水資源總署拜會。會議由水資源管理局局長 Dr. Agus Suprpto K 主持，會中我方簡報說明目前台灣興建排沙設施及其成效之經驗，可提供印尼方作為合作之參考。進行水庫防淤延壽之技術分享，並就未來合作可能性進行初步商談 (工業局游副局長、代表處經濟組陪同)。
01/18 (Thu)	<ul style="list-style-type: none">● 參訪 Jutiluhur 水庫並參加水庫管理局會議，由局長 Harry M.Sungguh 主持，會中雙方就目前 Jatiluhur 水庫之現況、目前面臨之問題加以討論，會後並至現場踏勘。
01/19 (Fri)	長榮 BR238 返抵台灣

參、過程紀要

茲將本次考察參與之重要會議與參訪活動，摘錄如下：

一、重要會議

1/16 赴印尼經濟統籌部拜會

1月16日飛抵印尼後，隨即由機場直接至印尼經濟統籌部(Coordinating Ministry for Economic Affairs)參加雙方之首次會議。該次會議由統籌部次長 Dr. Wahyu Utomo 主持，統籌部參事 Steven Sit、印尼駐台經貿代表處 Syahroni Ahmad 主任及公共工程部之代表均參加，我方則由工業局游副局長領隊，張組長、北區水資源局邱副局長、中原大學江謝令涵教授代表與會。



圖 1 印尼經濟統籌部拜會

會談氣氛融洽，該次會議有關水資源合作之部分主要聚焦於水庫延壽部分，主席首先說明目前印尼新建水庫不易，尤其土地取得不易，故表達歡迎台灣參訪團，對於台印雙方於既有水庫之管理運轉及延長壽齡等議題可研商合作。我方代表則說明本次參訪團員中有關水庫議題有水利署之張組長及邱副局長參與，邱副局長並主管石門水庫之排砂操作。會中統籌部參事 Steven Sit 亦表示去年曾與次長至台灣參訪，對於台灣水庫之排淤技術有深刻印象，相關單位並提供目前對於印尼水庫排砂設施之建議資料，亦為促成本次參訪之議題之一，故本次台灣之參訪團於水庫延壽之議題，除將於隔日水資源總署另行開會外，並將安排至水庫現地考察，以便日後可提出雙方合作之方式。

1/17 與印尼公共工程部水資源總署會談

1月17日下午4:00，至印尼公共工程部水資源總署參加會議，該次會議由水資源管理局局長 Dr. Agus Suprpto K 主持，水資源發展局局長 Ir. Trisasongko Widiyanto 及統籌部參事 Steven Sit 亦一同與會，我方則由工業局游副局長代表，本署由張組長會同北區水資源局邱副局長，與中原大學江謝令涵、林志麟教授，以及中興工程顧問徐進勇協理、陳育成主任，在代表處經濟組蕭組長陪同下與會。會中我方首先簡報說明目前台灣之水資源環境背景，台灣因河川陡峭不易留存水資源，故水庫對於水資源之運轉作極為重要，水庫密度相較國土面積亦屬密集，惟每年颱風洪水均會帶來大量挾沙之洪水，造成水庫淤積快速增加。為延長水庫壽齡，目前於石門水庫改建發電水路作為排除異重流之設施，曾文水庫亦已興建完成象鼻排砂隧道，日後將依實際情形加以運轉排砂，此外說明目前尚在興建中亦有南化防淤隧道、石門阿姆坪排淤隧道等相關資料，以上均可提供印尼方作為合作之參考。主席則說明目前印尼有 2000 餘座水庫屬於中型水庫有 200 餘座，雖然在規劃興建中者有 60 餘座，然興建水庫之困難度日益增加，故認同水庫排沙延壽之技術應可作為雙方合作之議題。

為實地了解印尼水庫之現況，會中印方並同意隔日派員陪同我方至水庫現場踏勘，以了解印尼水庫之現況，初步以 Jatiluhur 水庫為標的，因該

水庫為目前印尼最大之水庫，水庫容量目前有約 24.48 億立方公尺。

會中統籌部參事 Steven Sit 亦說明他至台灣參訪後之相關經驗，有關雙方合作事宜如蒙部長同意，則雙方可就合作方式加以協調討論。



圖 2 印尼公共工程部水資源總署會談

二、 參訪活動

PT Aetra Air Jakarta 淨水廠參訪

1月17日上午前往雅加達主要自來水公司(Aetra)所屬的Buaran 自來水廠進行參訪，並與該公司總經理 Popi Indrawati 女士和其他公司同仁進行座談。Aetra 自來水公司目前是屬於 Acuatco Pte 有限公司所有，供水區域主

要位於 Ciliwung River 東邊，整個雅加達東部、部分雅加達中部和北部都屬於其供水轄區(如圖 3)。Aetra 自來水公司獲得委外供水操作契約期限自 1998 年 2 月 1 日起至 2023 年 2 月 1 日止共 25 年，其水源來自 Jatiluhur 水庫(圖 4)，共有兩座水廠(Buaran 及 Pulogadung)，總供水量約 864000 CMD，有分北部及南部兩個營運管理單位(Strategic Business Units)及 13 區管理單位，供應 435000 個客戶，其中 70%是居家用戶，30%是商業或工業用戶。Aetra 自來水公司主要業務有產水、配水、讀取供水數據、水費計算、收水費(如圖 5)。本次參訪的 Buaran 自來水廠是屬於傳統處理廠，其廠區平面配置如圖 6 所示，淨水及廢水處理流程如圖 7 所示，原水進入水廠先經攔汙設備後，移除大型固體廢棄物(如塑膠袋或罐子)，經快混池添加氯化鋁或鋁化鋁水解藥劑(Aluminum Chlorohydrate, ACH)作為混凝劑，再經脈衝式(Pulsator)污泥氈沉澱池，使水中顆粒物質聚集放大成可沉澱膠羽(Floc)，以澄清水質，經此沉澱池處理之上澄液濁度可達 3 NTU 以內，再經由單層石英砂快濾池過濾，進一步淨化水質使清水濁度達到 0.5 NTU 以下。此外，在淨水處理過程中所產生之廢水(如反洗砂廢水或沉澱污泥)均排至廢水池儲放，廢水池之廢棄污泥再經由 polymer 化學調理強化脫水性後，使用 Decanter 式的污泥脫水設施進行污泥脫水，使污泥含水率達 85%左右，再運至附近的河川進行棄置。

此外，因為雅加達的地下供水管線均屬殖民時期所建造，已經相當老舊，在此情況下，自來水供水無效售水量(NRW)高達 43%，顯示漏水率相當嚴重，不過 Aetra 公司在收取水費的方式上有一點值得探討，該公司除 13 區管理單位收取水費或刷卡繳費外，亦提供行動收費站之創新收費方式(如圖 8)，此收費方式相當少見。

本次參訪的 Aetra 自來水公司所屬水廠，因處理技術及管理方式與台灣早期的作法相似，處理水質規範並不嚴格，操作管理技術仍有改善空間，故張廣智組長提出印尼及台灣雙方進一步針對自來水供水管理合作的構想，包括台灣短期內可組織台灣自來水處理或管理技術專業講師到 Aetra 公司舉辦短期教育訓練;在長期來合作上，台灣自來水事業相關設備供應商均可協助該公司提升自來水供水操作及管理效率。此建議獲得 Aetra 公司

總經理相當贊同，她熱烈歡迎台灣政府單位或民間公司能再次找機會到雅加達，建立雙方實質貿易合作或技術交流的關係，雙方均對彼此留下良好的印象，參訪結束後台灣參訪團員與該公司主要幹部進一步合影留念(如圖 9 及圖 10)。

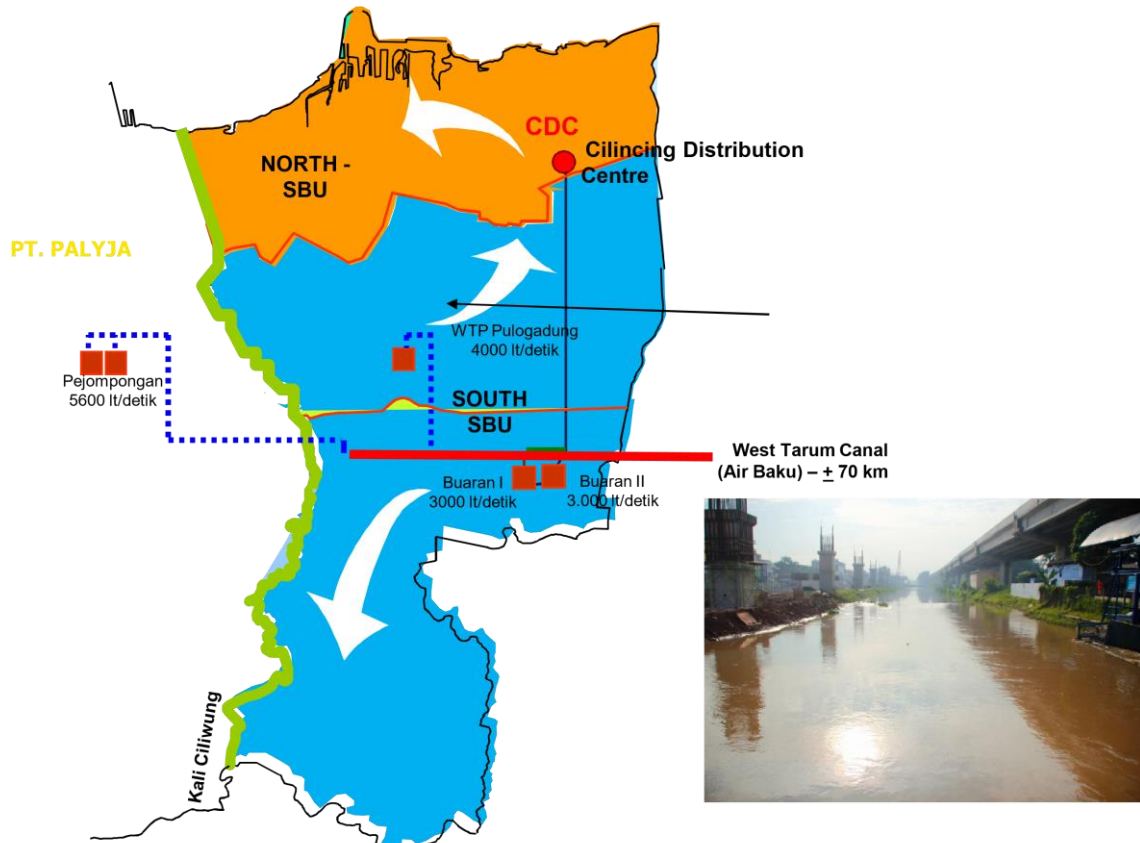


圖 3 Aetra 自來水公司供水區域

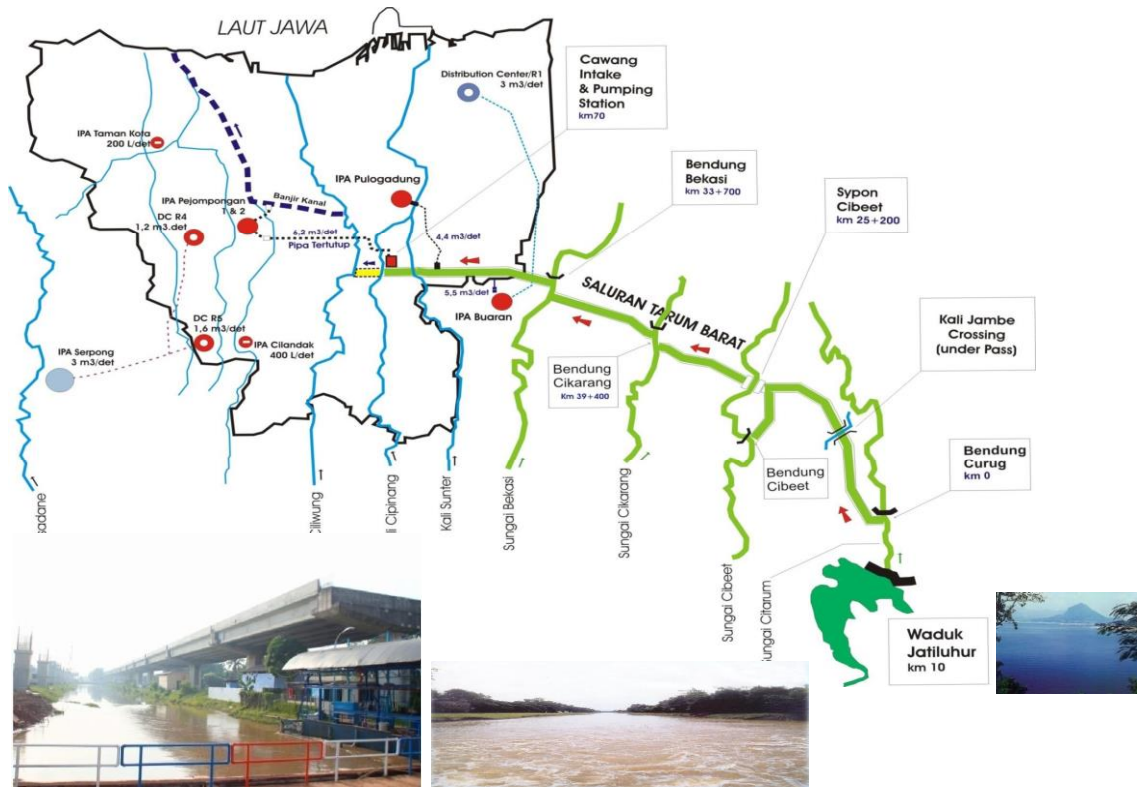


圖 4 Aetra 自來水公司取水水源地理位置

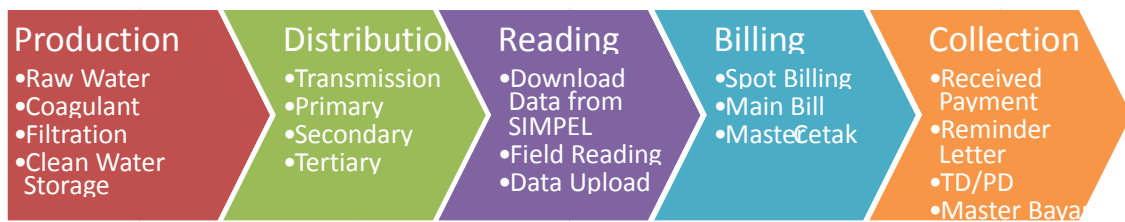
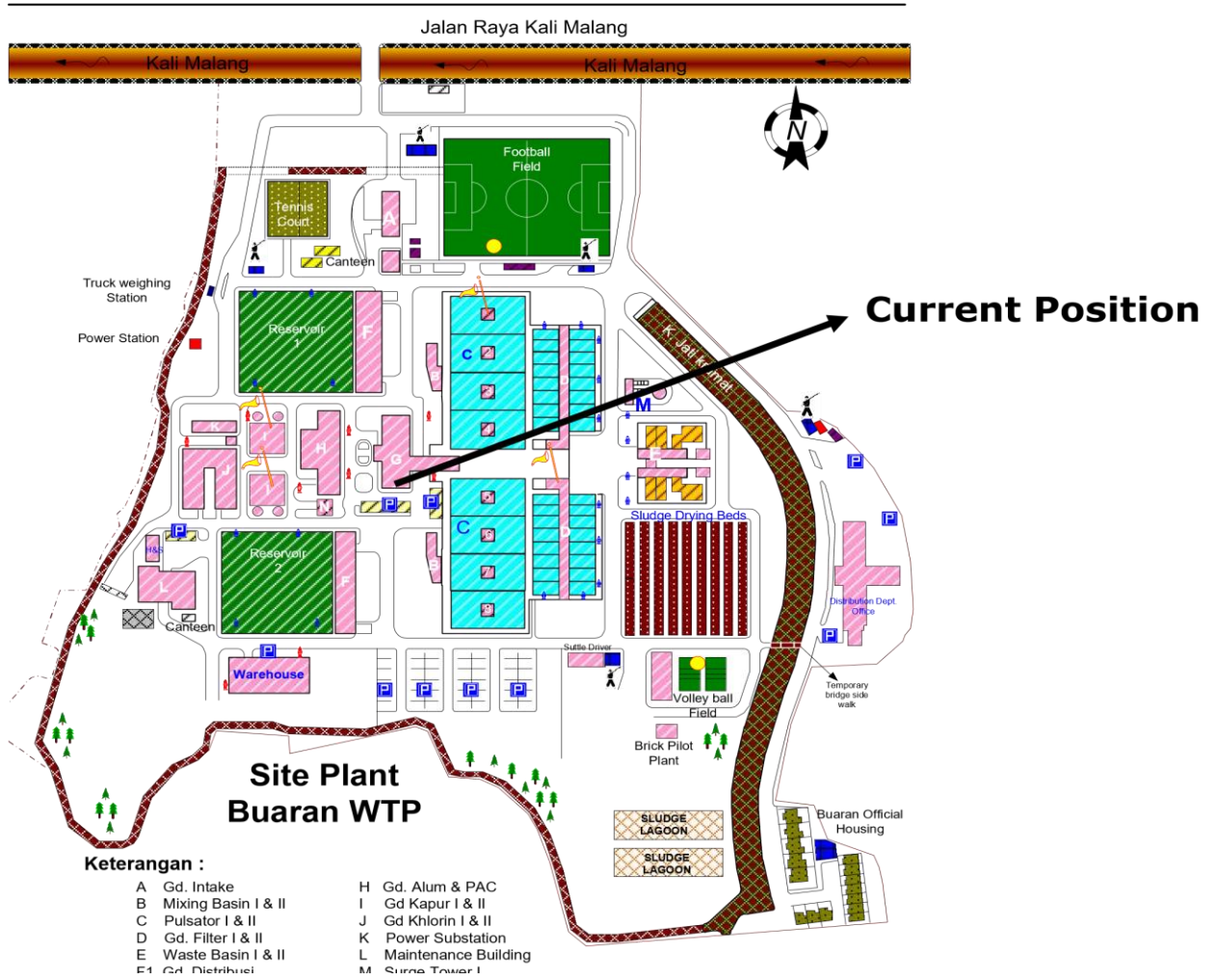


圖 5 Aetra 自來水公司主要業務分類



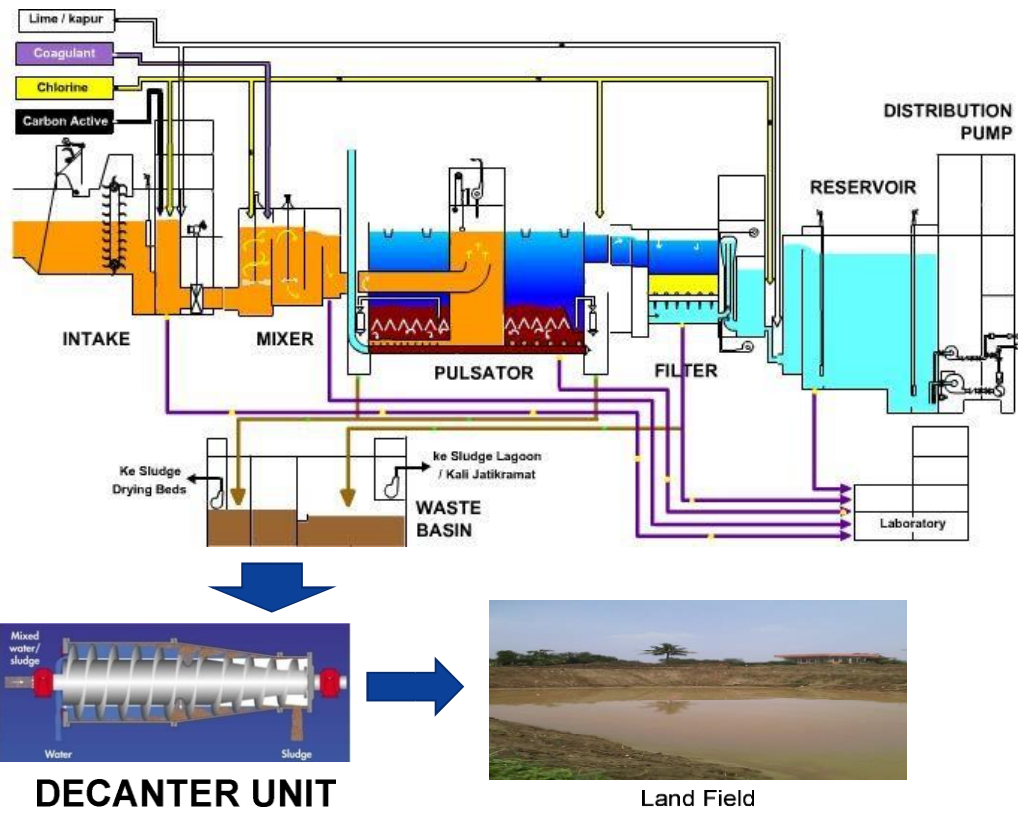


圖 7 Buaran 水廠處理流程



圖 8 Aetra 公司水費行動收費站



圖 9 張廣智組長與 Aetra 自來水公司總經理 Popi 互贈禮品



圖 10 台灣參訪團與 Aetra 自來水公司同仁合照

PD PAL JAYA 污水處理設施參訪

雅加達之污水處理現況仍屬草創階段，雖已有污水收集之規劃，將全市分為 13 個污水收集區，但目前僅範圍最小之第零區設有污水處理設施，所處理之污水僅有 10%來自管線收集，90%為水肥車自家戶直接收取後，運至污水處理廠處理。由於都市規劃時並未預留污水處理用地，該污水處理場受限於面積，僅在排水渠道之一端，圍出特定範圍，以氧化塘方式處理。處理設施如下圖所示。



圖 11 污水氧化塘

該市目前雖設有第零區 2025 前污水接管率達 50%、其他 12 區亦陸續有污水處理廠、污水管線動工計畫，唯受限於經費不足，第零區污水廠目前正由政府機構轉型為公營事業，一切施工計畫停擺中；其他區域之動工計畫亦受限於經費，時程未定。綜觀當地之污水處理，因都市規劃時缺乏相關考慮，污水處理用地難尋；復以當地財政狀況，在污水相關建設無利可圖下，前景亦暫時未見樂觀。建議本署於持續發展系統再生水事業、扶植國內廠商之餘，持續觀察雅加達、乃至印尼當地之污水處理系統發展狀況，在時機適當時徐圖切入市場，以免過早投入，在當地資源尚未到位下，拉長回收期程。

Jatiluhur 水庫設施參訪

1 月 18 日參訪團水利組人員至 Jatiluhur 水庫現地勘查，並參加水庫管

理局會議，該會議由局長 Harry M.Sungguh 主持，地區業務總經理 Mario Mora Daulayu 一同參加，我方則由水利署之張組長及邱副局長參與，會中首先由技術及業務規劃經理 Budy Gunady 就目前 Jatiluhur 水庫之現況及目前面臨之問題加說明(如下圖)。



圖 12 Jatiluhur 水庫管理局會議

Jatiluhur 水庫為目前印尼最大之水庫，位於 Citarum 河，該河川全長該河長 297 公里，目前設有三座水庫，由上游至下游分別為 Saguling 水庫、Cirat 水庫及 Jatiluhur 水庫，流域面積達 6,600 平方公里。Jatiluhur 水庫為一多目標水庫，供水標的包括發電、灌溉、民生及工作業用水等，主要用水為灌溉用水，佔全部供水量之 86.7%，6%專供自來水廠，2%供民生與工業。雅加達 81%的生活用水都來自該水庫。水庫原設計容量約 30 億立方公尺，2000 年測量結果為 24.48 億立方公尺。大壩為一分區滾壓中央心層土石壩，壩高 100 公尺，壩頂長 1,220 公尺，1957 年開工興建 1967 年完工運轉，主要之附屬結構物包括溢洪道、河道放水口及發電進水口等均設置於直徑 90 公尺之圓形豎井構造物中(如下圖所示)，此點於國外內尚甚少有有相似之設計，其中溢洪道採自由溢流方式，設計流量 3,000 秒立方公尺、河道放水口採 2 座中空閘，每座設計流量 270 秒立方公尺，發電進水口 6 處，發電裝置容量 187.5MW。目前雅加達之自來水供應主要即來自 Jatiluhur 水庫。



圖 13 大壩及下游面



圖 14 附屬結構物俯視圖

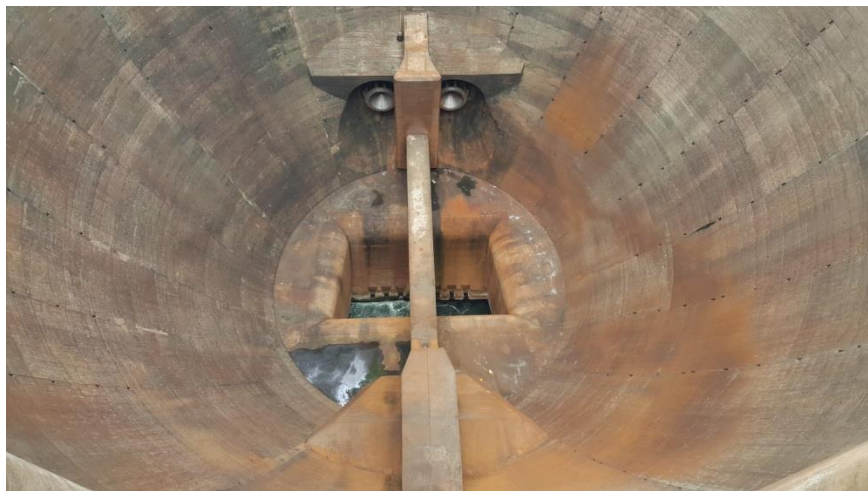


圖 15 河道放水口中空閥

值得一提的為該日會場所引用之瓶裝水為該自產水庫之瓶裝水(如下圖所示)，主要為在大壩下游處長年有清澈湧水 spring water 長年流出，湧水於水庫興建時期即已發現，經檢測不是滲流所致。故管理單位亦用此天然湧水生產瓶裝水，經飲用其水質頗佳。



圖 16 產自水庫之瓶裝水

另依據該日之簡報內容，目前水庫之主要問題為庫區密佈水產養殖之棚架，除對於水庫安全造成影響外，因養殖投料及養殖魚屋變相經營旅館與餐飲之影響，亦造成水質優氧嚴重(如下圖所示)。目前水庫管理單位併同當地養殖漁會及執法機關共同處理該問題，除了採取分年執行移除魚屋外，並進行以自然放養方式取代人工網殖餵食方式，以水庫天然之藻類作為魚類食物，不再以餵食方式養殖，以減少水庫水質惡化之現象。

此外，Jatiluhur 水庫上游之兩座水庫(Saguling 水庫、Cirat 水庫)因其標的為發電，且與 Jatiluhur 水庫分屬不同單位管理，故三個單位間彼此間會因營運標的績效而有爭議，尤其是在非雨季時期。

Jatiluhur 為土石重力壩，管理人員發現隨著水庫水的降低，會讓壩頂表層產生縱向裂縫，經檢測裂縫深度最深約 60 公分，尚未達壩心粘土層，目前採封頂方式避免雨水滲入壩心，另外並盡可能保持水庫高水位。圖九為參訪人員與管理單位人員於裂縫封頂處討論之情形。

至於水庫淤積問題，Jatiluhur 水庫因為上游還有二座水庫，因此對於目前水庫淤積該管理單位則認為尚非屬急迫問題，惟對於台灣目前對於水庫之營運管理技術則有相當之興趣，並表示如有機會，印方可來台雙方就水庫管理操作方面做進一步之交流合作。



圖 17 Jatiluhur 水庫庫區養殖棚架分布圖



圖 18 壩頂裂縫處現勘情形

肆、心得與建議

一、心得

- (一)本次印尼參訪於水利部分，主要在於了解目前印尼水庫之現況，依據印尼之工商業蓬勃發展情形，日後需水量勢必明顯增加，此外，目前首都雅加達之地層下陷現象相當嚴重，雅加達北部安僑地區之沿海市區積水嚴重，主要原因即為地下水抽取過多導致。因此，研判日後印尼地區利用水庫供水之腳色勢必日形加重，故水資源開發及營運管理之技術精進，應為日後印尼水資源重點發展之領域。
- (二)印尼近年發展迅速，首都雅加達所在之爪哇島人口持續聚集，在灌溉、民生、工業用水均持續成長下，印尼政府已意識到水資源之重要，除在全國大規模規劃 56 座新設之水庫、堰壩外，對於既有之 200 座中型堰壩，亦希望能積極延壽，以確保水資源供應無虞。透過本次考察團，本署與該國之水利主管機關建立起官方之聯繫，印尼方之官員並對我國水庫防淤延壽、乃至宏觀水資源管理之技術與經驗，印象深刻，以臺灣的技術及能力，未來持續之溝通、合作可期，更有機會將台灣之水利產業，引導至東南亞市場，在當地蓬勃發展。
- (三)由於以往印尼大部分水庫之管理經費較欠缺，且幅員廣闊不易管理，故對於庫區水土保持較無法有效管理，水庫之淤積情形雖嚴重，但是相關之基本資料較為欠缺，包括排砂研究所需之含沙濃度、顆粒特性等，甚至水庫淤積測量資料等。此等相關資料之建立及管理人員水庫管理觀念之提升亦應可作為日後雙方技術交流之重點項目。
- (四)本次參訪之 Aetra 自來水公司屬於雅加達大型自來水供應商，其供水處理及管理技術均有改善空間，尤其水質管理上仍不完善，此部分可作為日後台灣和印尼雙方開啟自來水事業合作的切入點，深化務實交流。此外，當地之地理條件、經濟環境均與台灣有所不同，水資源產業之發展亦與台灣有所區隔。以自來水供應為例，當地之水廠採 BOT 營運，對操作效能之提升雖可能有較強動機，但畢竟產業結構與台灣不同，未來發展相關產業需特別注意。

二、 建議

- (一) 國內水利相關產業之市場漸趨飽和，而東南亞國家隨著經濟持續發展，可預期市場將逐漸擴大。除水庫清淤相關之經驗傳承外，亦應注意當地水利建設發展之狀況，在環境許可下，適度協助台灣廠商投入，以落實新南向之政策規劃。
- (二) 由於本次參訪團對於水庫排沙技術之介紹獲得印尼方認同，惟目前對於印尼國內較迫切推動排沙研究之水庫尚未有具體標的。故建議可進一步與印方討論，就目前水庫之淤積嚴重性、水庫供水/發電之重要性、排砂效益等因素加以篩選，並排列優先順序，首先則取優先辦理之一座水庫做研究示範，以建立雙方合作之模式，日後可伺機擴大合作規模。
- (三) 本次參訪各水庫、淨水廠及汙水處理廠等單位，經雙方初步簡介及討論，對於台印雙方就水資源及相關處理產業均有達到相互交流之目的。印尼方亦表達對雙方進一步技術交流之意願，故建議可依目前國內水資源開發、水庫營運管理、水處理等相關研討會，邀請印尼單位來台參加，除可加強介紹台灣相關方面之技術實力外，亦可擴大雙方人員交流，促進雙方合作之深度及廣度。
- (四) 此次透過駐印尼代表處及相關單位之安排，與印尼經濟統籌部、公共工程部水資源總署及印尼各水利相關單位進行參訪、介紹及討論，對於增進雙方認識，並了解印尼之實際需求及實際狀況均等方面均有豐碩成果，建議日後亦可以此為基礎，就水利其他領域加強擴展與合作。
- (五) 當地之水廠採 BOT 營運，對操作效能之提升有較強動機，且操作現況與台灣相較，知識技術面上仍有強化空間，具教育訓練、設備廠商進駐之空間。建議在此議題上產官學合作，擴大台灣在當地水處理市場之影響力。建議短期內可透過水利署國際交流計畫編列拓展台灣-印尼雙方於自來水事業合作交流的預算，先協助印尼自來水事業(如 Aetra 公司)舉辦兩天或三天的專業教育訓練，再了解其需求後，由水利署組織台灣自來水事業相關管理階層或設備供應商進行務實交流，或與印尼水資源總署洽談合作模式及重點項目，建立實質合作關係。