

3.2 調査対象地域における自然災害のハザード、リスクおよび対策案

本節では、最初に、調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県、パリアマン市）を対象にした 1) 洪水災害、2) 土砂災害、3) 地震災害、4) 津波災害に関し、ハザードマップ、リスクマップの作成手法について述べる。また、ハザードマップ、リスクマップに関連し、これらの自然災害による被害を軽減させるために可能と考えられる対策案をリストアップする。さらに、本調査団の担当専門家の主導でなされた調査対象地域カウンターパート職員に対する能力強化活動についても説明を加える。そして、本セクションの最後には、予警報システムの計画について言及する。

3.2.1 概論

1) ハザードマップおよびリスクマップ作成の目的

ハザードマップおよびリスクマップ作成の目的は、下記の 2 点。

- 1) 自然災害の高ハザードおよび高リスク想定地域を明らかにする。
- 2) 地域防災計画策定に関し、その対象とする地域における課題を明らかにする。

上記の対象とする自然災害に関するハザードマップおよびリスクマップの作成においては、調査対象地域のカウンターパート職員に対し円滑に技術移転する観点から、簡便な手法を用いることとした。カウンターパート職員は、ハザードマップおよびリスクマップを自ら再検討ないし改善していくために、マップ作成手法を十分把握することが期待されている。さらに、ここでの手法に基づいて、インドネシアにおけるすべての地方政府（例えば、災害管理担当部局としての BPBD）が自然災害に関するハザードマップおよびリスクマップを作成していくことが期待される。

2) リスク、ハザードおよび脆弱性の定義

国連の国際防災戦略（Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction: UN/ISDR）が 2004 年に発行した「世界防災白書－Living with Risk」によると、リスクは『自然あるいは人為的なハザードおよび脆弱性の相互作用によってもたらされる有害な結果の見込みあるいは想定される被害（死者数、負傷者数、資産、生計、経済活動の崩壊、環境の破壊）』と定義され、下式で示されるとしている。

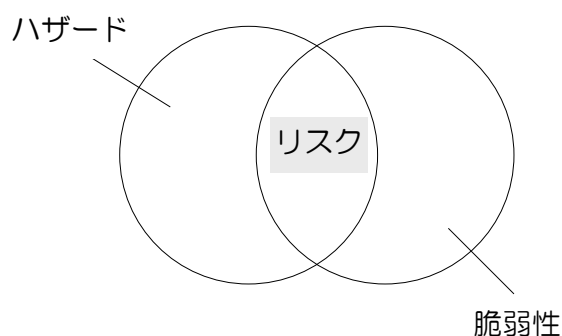
$$\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{脆弱性} \quad (\text{式 3.1})$$

ハザード: 負傷者を含む人命への被害、資産に対する被害、社会経済活動の崩壊、環境破壊といった有害な結果を引き起こす自然あるいは人為的な活動

脆弱性: 物理的、社会的、経済的、環境的な要因とプロセスによって、ある地域社会のハザードに対する負の影響度が増加するような状況

上記に掲げるリスク、ハザードおよび脆弱性の定義はハザードマップおよびリスクマップを作成する上での基本となるものである。「ハザード」、「脆弱性」および「リスク」の相互関係は、防災白書（平成 16 年度版）に基づく図 3.2.1 の概念図に示すことが出来る。この図に関し、要約すると下記の事項が指摘されている。

1. 自然現象である「ハザード」は、人間の力でコントロールすることはできない。
2. 例えば、地震ハザードに対して、その被害を減少させるために、住宅の耐震化等を行うことにより、「脆弱性」を減少させることが可能である。
3. 災害発生前に「脆弱性」を減少させるために、減災活動を重視する必要がある



引用: 防災白書（平成 16 年度版）＜注：修正を加えている＞

図 3.2.1 「ハザード」、「脆弱性」および「リスク」の相互関係

3) ハザードマップおよびリスクマップ作成のフローチャート

ハザードマップおよびリスクマップ作成のフローチャートの概要を図 3.2.2 に示す。

ハザードマップは、3 つの段階（①『データ収集』、②『要因レイヤー（指標）の作成 & 選択』、③『ハザードマップの作成』）を経て作成される。また、リスクマップは、ハザードマップおよび脆弱性の要因レイヤー（あるいは、脆弱性を示すマップ）を用い、「 $\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{脆弱性}$ 」の式に基づき、得られるものである。『データ収集』段階においては、ハザードや脆弱性に関する基本データ（例えば、災害地域、死傷者数、被害額、雨量、潮位、地質、人口、貧困率、識字率、土地利用など）を収集する。『要因レイヤー（指標）の作成 & 選択』段階においては、ハザードと脆弱性の要因を規定する候補として、複数の指標を算定する。ハザードマップ、リスクマップを試行的に作成した後、適切な要因レイヤー（指標）を選択する。なお、調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県、パリアマン市）でのマップ作成においては、要因レイヤー（指標）のいくつかは、カウンターパート職員とのワークショップ等の協議を通じて選定している。要因レイヤー（指標）の選定の後、『ハザードマップの作成』段階として、各要因レイヤー（指標）のスコアの総合計を用いて、ハザードマップを作成する。脆弱性の要因レイヤー（指標）から構成される脆弱性マップも必要に応じて作成しても良い。最終的には、「 $\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{脆弱性}$ 」の計算式を用いてリスクマップを作成するものである。

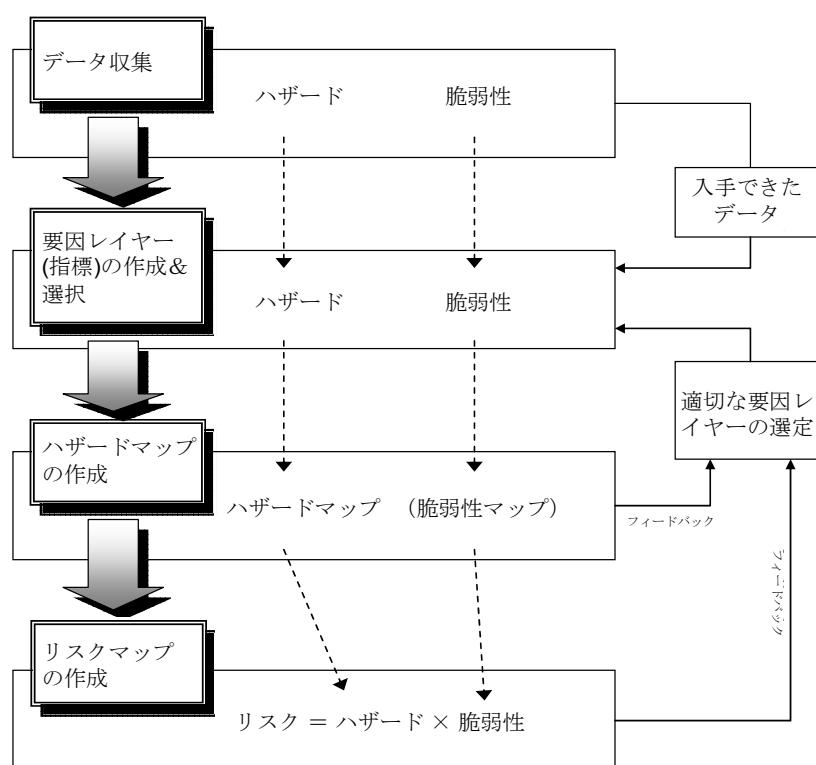


図 3.2.2 ハザードマップおよびリスクマップ作成のフローチャート（概要）

図 3.2.3 にリスク、ハザード、脆弱性、要因レイヤー（指標）、基本データのそれぞれの階層関係を示す。リスクは、ハザードおよび脆弱性から構成されるものである。ハザードおよび脆弱性はそれぞれの要因レイヤー（指標）から構成される。ハザードは単に要因レイヤー（指標）の総合計として示すことが可能である。脆弱性も同様にして算定する。各要因レイヤー（指標）は種々の情報源から収集した基本データ（例えば、種々の関係する書類、電子データ、地図、等）に基づいて算定されるものである。リスク評価においては、ハザードと脆弱性の要因レイヤー（指標）を GIS（地理情報システム）のソフトウェアを使用して重ね合わせるものである。地図の重ね合わせ分析のために、関係する種々の地図はグリッドデータとして表示する。ジュンブル県、パダンパリアマン県における分析においては、1km×1km のサイズのグリッドを用いた。パリアマン市においては、500m×500m のグリッドサイズを用いた。また、基本的に各要因レイヤー（指標）を地図上に表示するにあたり、相対的に 5 つのクラスに分類して、地図上に表示するものとした。地図中、「赤」は最高位のハザード／リスクの程度を示す。「オレンジ」は、高位のハザード／リスクの程度を示す。「黄」は中位のハザード／リスクの程度を示す。「緑」は低位のハザード／リスクの程度を示すものである。「青」は最も低位なハザード／リスクを示す。

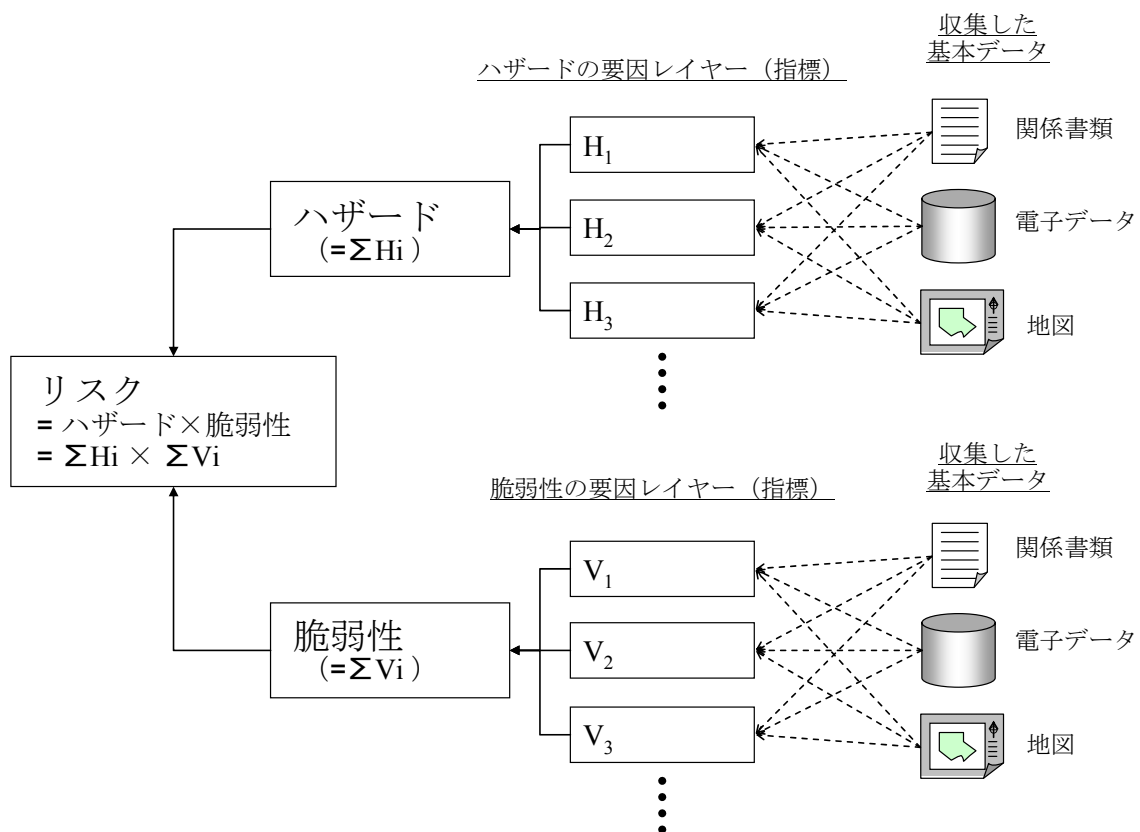


図 3.2.3 リスク、ハザード、脆弱性、要因レイヤー（指標）、基本データの階層関係

3.2.2 洪水災害

ここでは、洪水災害に関し、調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県およびパリアマン市）におけるハザードマップ、リスクマップの概要を説明する。また、洪水被害軽減のために可能と考えられる対策案をリストアップする。さらに、本サブセクションの最後では、カウンターパート職員に対する能力強化活動について言及している。なお、詳細は、サポーティングレポートの第6章で説明する。

1) ジュンブル県

A. 洪水災害に関するハザードマップ

ジュンブル県における洪水ハザードマップは、本調査団の専門家およびカウンターパートとワークショップにおける協議を経て、県の関係機関等から提供された洪水地図・情報に基づき、作成された。洪水ハザードマップは、National Unity and Public Protection Board、Irrigation Agency および Irrigation Board of Lumajang から提供された浸水域図を組合せた結果に基づくものである。ジュンブル県の洪水のハザードにさらされるエリアをよりの確に推定するため、浸水域図だけではなく、例えば浸水深、湛水時間といった種々のデータの入手も試みた。しかしながら、ジュンブルでの活動期間中に、浸水域図以外のデータの入手が出来なかったため、洪水ハザードマップの作成の上では、これらの情報（※浸水深、湛水時間）を反映出来ていない。したがって、ジュンブル県の洪水ハザードマップは、National Unity and Public Protection Board、Irrigation Agency および Irrigation Board of Lumajang から提供された洪水地図を組合せた結果に基づき作成することとした。

図 3.2.4 にジュンブル県の洪水ハザードマップを示す。このマップにおいては、土砂災害や津波災害のようにハザードを5段階に分類せずに、洪水ハザードに含まれるエリア（グリッド）は、全て「3点（中位のハザード）」とした。

図に示されるように、洪水ハザードは、特に県央部に位置する都市部から南西の米作地帯をカバーする低平の沖積平野に位置する地域（Tanggul 川、Bedadung 川、Mayang 川、Bondoyudo 川沿い）に多く示されている。この県央部に位置する都市部から南西の米作地帯をカバーする沖積平野の洪水ハザード地域のほとんどは、地表面の傾斜が2度以下である。地理的、河川工学的な観点から言い換えると、この地域は「氾濫域/洪水常襲地域」と位置づけられ、山間部の急勾配からなる「流出域」から短時間に多量の流量が氾濫域に流れ込んでくる。一旦、この氾濫域で溢水し、且つ適切な排水システムが無い場合、氾濫した水が引くまでには長い時間が必要となる。

Silo 郡の山間部は'07年1月7日にバンジルバンドン（土石混じりのフラッシュフラッド）災害に見舞われたが、この地図にも洪水ハザード地域として示されている。この災

害によって、約 70 件の家屋が被災した。また、Panti 郡、Rambipuji 郡も、'05 年 12 月 31 日～'06 年 1 月 2 日の期間にバンジルバンダン災害により、深刻な被害をうけた。この災害によって、死者数 108 名、被災取水堰数 11 基を記録している。この災害の主要因の一つとして、極めて多量の降雨が挙げられる。この地域は急勾配の山間部であるため、洪水が非常に短時間で流出することは特筆すべき事項である。

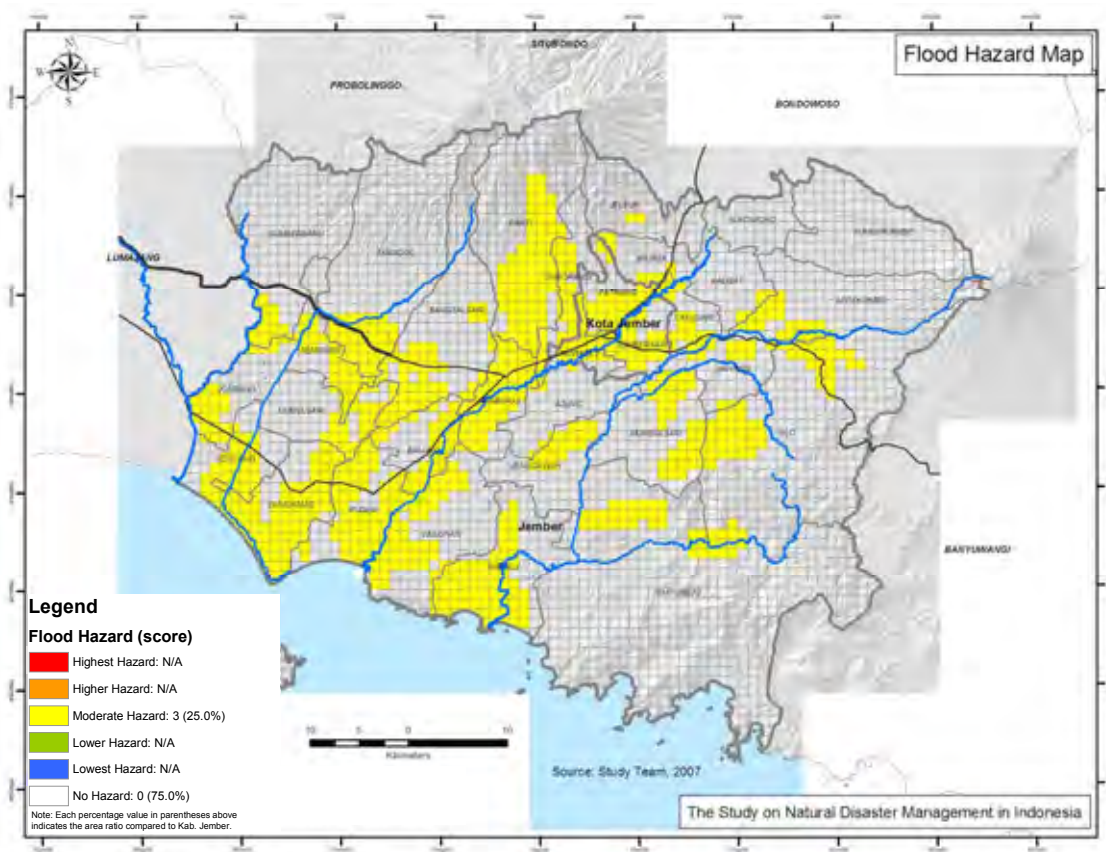


図 3.2.4 ジェンブル県の洪水ハザードマップ

B. 洪水に関するリスクマップ

洪水ハザードマップおよび洪水リスクマップを作成する際に用いた要因レイヤー（指標）を表 3.2.1 に示す。脆弱性要因レイヤー（指標）である「人口密度 (V_{J1})」、「都市域 (V_{J2})」および「植生/農業地域 (V_{J5})」については、サポーティングレポートの第 1 章, 1.6.4 項で詳述する。

ジェンブル県の洪水リスクの評価は、下式に基づいた。

$$\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{脆弱性}$$

$$\text{リスク} = H_{J7} \times (V_{J1} + V_{J2} + V_{J5}) \quad (\text{式 3.2})$$

ここに、 H_{J7} : 洪水ハザードの値, V_{J1} : 指標「人口密度」の値, V_{J2} : 指標「都市域」の値, V_{J5} : 指標「植生/農業地域」を示す。

表 3.2.1 洪水ハザードマップおよびリスクマップを作成する際に用いた指標

ハザードの指標	National Unity and Public Protection Board、Irrigation Agency および Irrigation Board of Lumajang から提供された洪水地図を組合せた結果(H _{J7})
脆弱性の指標	1) 人口密度 (V _{J1}) 2) 都市域 (V _{J2}) 3) 植生/農業地域 (V _{J3})

図 3.2.5 にジュンブル県の洪水リスクマップを示す。基本的に、リスクが高い地域とは、洪水ハザードにさらされた人口・資産が集中している地域であると見なすことが出来る。

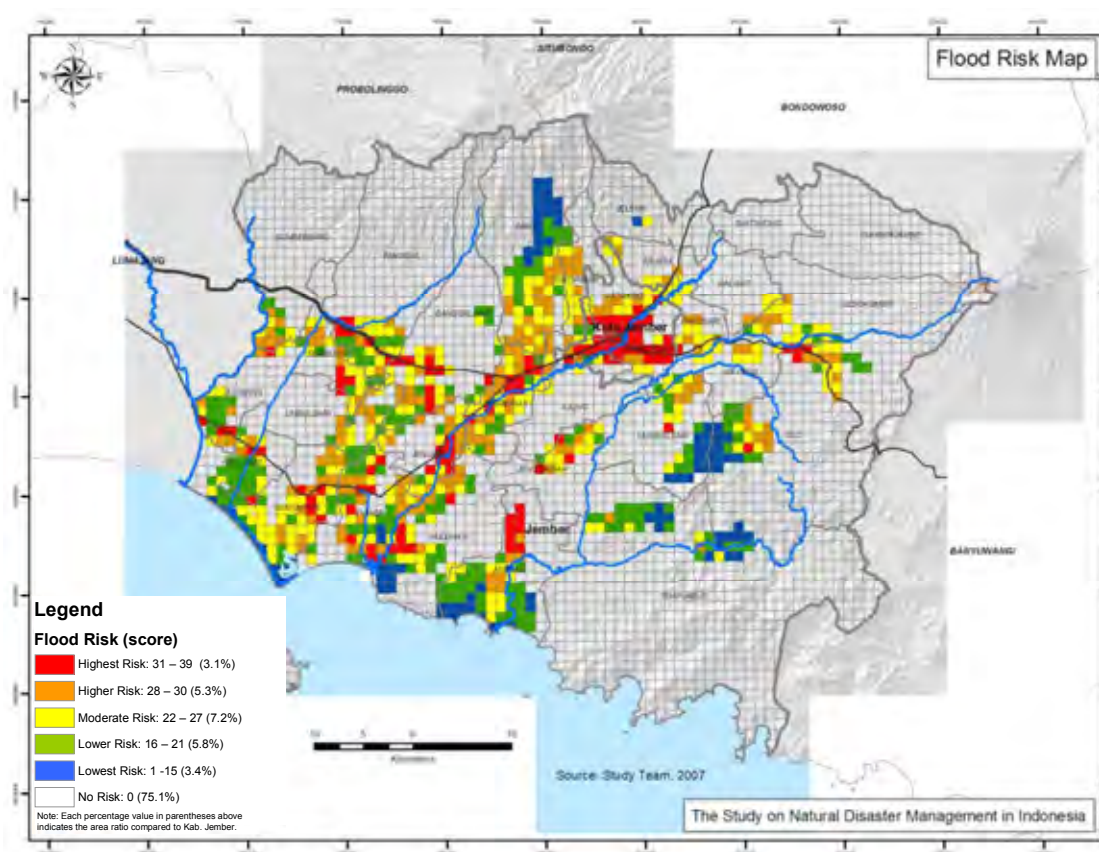


図 3.2.5 ジュンブル県の洪水リスクマップ

図に示されるように、洪水リスクの値は相対的に 5 段階に分類されている。地図中、「赤」は最高位のリスクの程度を示し、「オレンジ」は、高位のリスクの程度を示す。「黄」は中位のリスクの程度を示し、「緑」は低位のリスクの程度を示す。また、「青」は最も低位なリスクを示す。全体的な傾向としては、Tanggul 川、Bedadung 川、Mayang 川、Bondoyudo 川沿いの人口・資産が集中している地域の洪水リスクが比較的高く示さ

れる傾向が見られる。Kaliwates 郡、Sumbersari 郡および Patrang 郡は都市部・人口密集地域であることから、3 郡のうち洪水ハザードにさらされている地域は、最高リスクとして評価されているエリアの割合が多い。Silo 郡の一部地域のリスクは高い。また、県央の都市部から南西部沿岸にまたがる沖積・低平地に位置する Tanggul 川、Bedadung 川、Mayang 川および Bondoyudo 川の河川沿いにおける一部地域のリスクは高い。

C. 洪水災害の対策案

洪水ハザードマップおよび洪水リスクマップを反映して、過去に洪水被害を被った 2 地域を抽出した。1 箇所は、東部の山岳地域にある Silo 郡および Mayang 郡（以後、F1 地域と略す）である。もう 1 箇所は、Jenggawah 郡、Ambulu 郡、Wuluhan 郡、Balung 郡、Puger 郡、Gumukmas 郡および Kencong 郡をカバーする F2 地域である。なお、土砂災害の対策案については、本報告書の「3.2.3 土砂災害」で紹介する。F1 地域および F2 地域における災害特性（サポーディングレポートの CHAPTER 6 を参照のこと）に基づく、対策案を表 3.2.2 に示す。以下に示す対策案は、数日間の現地踏査や本調査団員とカウンターパート機関（SATLAK）の数回のワークショップでの協議に基づいた検討結果であるため、更なる分析、調査を重ねていくことが必要となる。

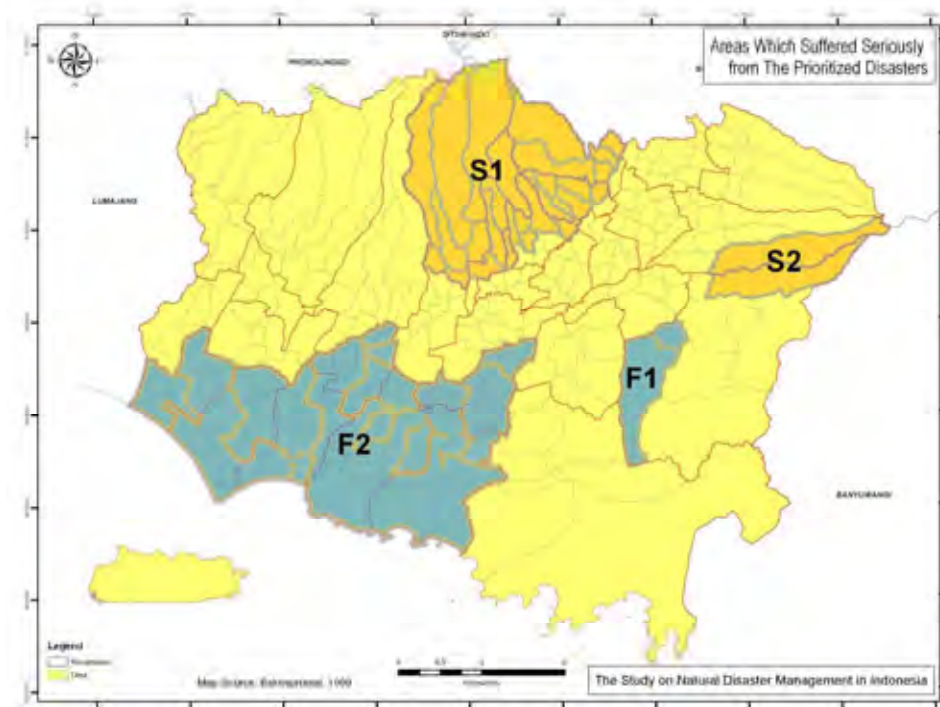


図 3.2.6 洪水災害、土砂災害の被災が顕著である地域

表 3.2.2 F1 地域および F2 地域における対策案

	非構造物対策	構造物対策
F1 地域	・ 森林再生・回復 ・ 土地利用制限 ・ 迅速・的確な避難に向けた早期予警報システム ・ コミュニティ支援活動 ・ 避難所と避難経路の整備	・ 堤防 ・ 護岸工 ・ 堤防の補強および護岸工 ・ 河床掘削および河道幅の拡張 ・ 既存橋梁の改善（嵩あげ、橋脚の撤去による通水断面の増加、等）
F2 地域	・ 土地利用制限 ・ 迅速・的確な避難に向けた早期予警報システム ・ コミュニティ支援活動 ・ 避難所と避難経路の整備	・ 河川改修、河道整正 ・ 堤防 ・ 護岸工 ・ 堤防の補強および護岸工 ・ 河床掘削および河道幅の拡張 ・ 洪水排除施設の整備

洪水被害を最小限度にとどめるために、この表に掲げた全ての対策案を実行に移していくことが期待される。一般的には、非構造物対策に比較すると構造物対策の実施には極めて多くの資源（例えば、予算、人月、技術、等）が必要とされる。従って、当面の間は、低コストの非構造物対策が優先的に実施されるべきである。ただし、費用最小限で且つ十分な効果が期待できる構造物対策の実施までは制限するものではない。長期的には、実施期間、施工計画、予算、能力強化、プロジェクトマネジメントという観点から構造物対策、非構造物対策に関する費用効果の高い戦略的な計画づくりが欠かせない。

対策（構造物、非構造物）の実施段階前は、統合流域管理（IRBM: Integrated River Basin Management）の一環として、洪水災害の減少に向けて、マスタープランあるいはフィージビリティスタディが実施されることが望ましい。図 3.2.7 には、「水災害に対して安全なジュンブル県」の実現に向けたステップ 1、ステップ 2 およびステップ 3 の概念プロセスを示した。

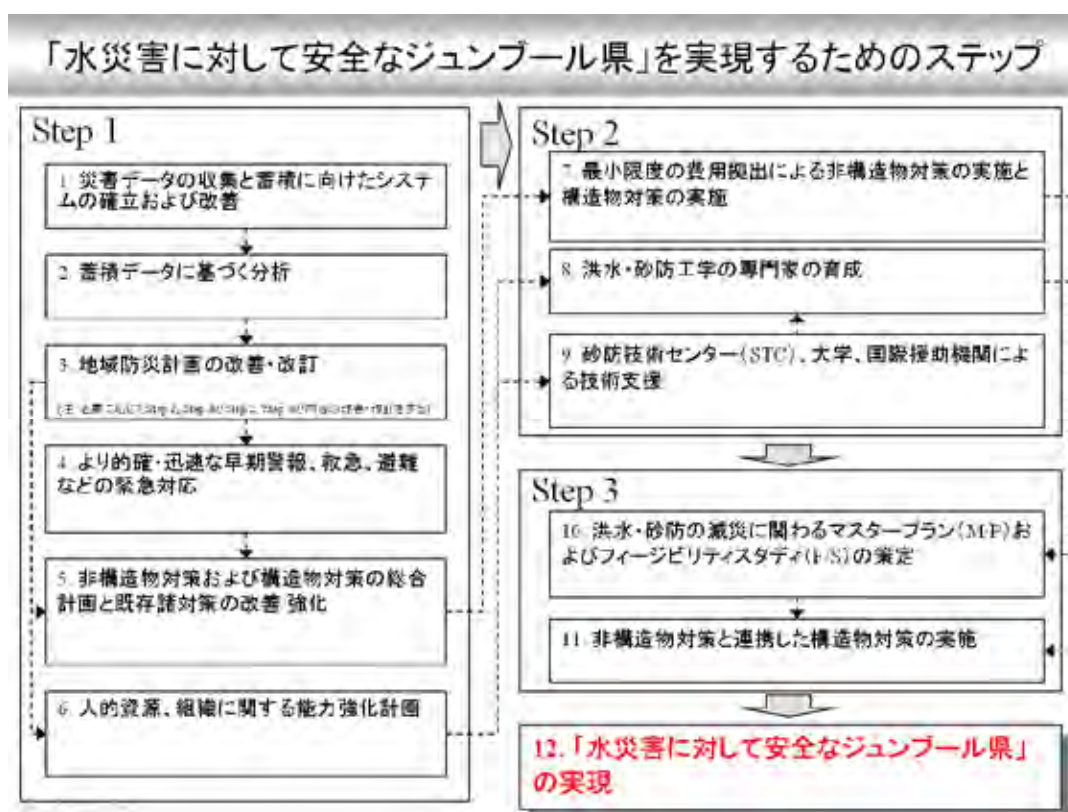


図 3.2.7 「水災害に対して安全なジュンブル県」を実現するためのステップ

D. 能力強化活動

下表（表 3.2.3）に示す通り、洪水・土砂災害に関連した技術ワークショップをカウンターパート機関のキーパーソンを対象にして開催した。対象とした機関は、ジュンブル県の SATLAK 機関（National Unity and Public Protection Board, Public Works Agency, Transportation Agency, Irrigation Agency, Agriculture Agency, Forestry and Plantation Agency）および BMG Malang、Irrigation Board of Lumajang である。

これらワークショップの主目的は、下記に示す通り。

- ハザードマップ作成や計画（災害対策）の策定・改訂に関する能力強化
- 災害対策実施に関する能力強化
- 組織連携に関する能力強化

これら一連のワークショップでは、洪水・土砂災害に関して多様なトピックをカウンターパート職員と協議した。例えば、ハザード、リスク、対策に関する基本概念、災害情報管理の重要性、近年の災害の特徴、災害頻発地域の選定、対策案の具体、等である。これらのワークショップの開催により、カウンターパート職員の減災活動に対する意識の向上が図られた。このことは、カウンターパート職員への質問表に対する回答からも確認が出来る。また、効果的な対策の実施、インフラづくりにおいては、組織連携が不

可欠であるということをワークショップの協議で明確にした。効果的に災害対策を計画・実施していくため、関係機関の更なる連携の促進が必要である。

表 3.2.3 ジュンブル県のカウンターパート職員に実施した技術ワークショップリスト

No.	日程	場所	参加者数	内容
1	2007 年 9 月 7 日	ジュンブル県庁舎 会議室	26	日本における諸対策の紹介 日本における洪水災害の現状と対策、等
2	2007 年 9 月 20 日	ジュンブル県庁舎 会議室	15	<u>ハザードマップ、リスクマップ作成に関するブリーフィング</u> GIS によるハザードマップ、リスクマップ作成の概論、予警報・避難行動に関連した雨量観測、等
3	2008 年 1 月 28 日	ジュンブル県庁舎 会議室	10	<u>ハザードマップ、リスクマップに関する協議</u> ハザードマップ、リスクマップの作成方法および妥当性に関する協議、等
4	2008 年 2 月 1 日	ジュンブル県庁舎 会議室	9	<u>ハザードマップ、リスクマップの作成</u> ジュンブル県内の災害特性の把握と対策案に関する議論
5	2008 年 2 月 5 日	ジュンブル県庁舎 会議室	11	<u>深刻な被災地域での対策（1）</u> 地域の選定および対策案に関する議論、等
6	2008 年 2 月 12 日	ジュンブル県庁舎 会議室（現地踏査）	10	<u>現地踏査</u> 被災現場の調査手法に関するブリーフィングおよび被災現場（Arjasa 郡）における土砂災害被災現場調査手法のレクチャー
7	2008 年 2 月 14 日	ジュンブル県庁舎 会議室	9	<u>深刻な被災地域での対策（2）</u> 対策案に対する議論、等
8	2008 年 2 月 20 日	ジュンブル県庁舎 会議室	8	<u>まとめ</u> これまでのワークショップを振り返るとともに災害対策に関する最終議論、等

2) パダンパリアマン県

A. 洪水ハザードマップ

パダンパリアマン県の洪水ハザードマップは、本調査団の調査団員およびカウンターパート職員とワークショップにおける協議を経て、県の関係機関および西スマトラ州の水資源総局から提供された洪水地図・情報に基づき、作成された。洪水ハザードマップを構成する要因レイヤー（指標）を表 3.2.4 に示す。沖積平野、低平地は基本的に洪水ポテンシャルが高いことから、「平坦度」および「沖積層」を洪水ハザードの要因レイヤー（指標）とした。また、「浸水深」および「浸水時間」（※西スマトラ州の水資源総局から提供された）も洪水ポテンシャルを示すものであり、これらを洪水ハザードの要因レイヤー（指標）とした。

表 3.2.4 洪水ハザードマップを作成する際に用いた指標

ハザードの指標	1) 平坦度 (地表の傾き) (H_{p7})
	2) 沖積層 (地質) (H_{p8})
	3) 浸水深 (H_{p9})
	4) 浸水時間 (H_{p10})

パダンパリアマン県の洪水ハザードの評価は、下式に基づいた。

$$\text{ハザード} = H_{p7} + H_{p8} + H_{p9} + H_{p10} \quad (\text{式 3.3})$$

ここに、 H_{p7} : 指標「平坦度」の値, H_{p8} : 指標「沖積層」の値, H_{p9} : 指標「浸水深」の値, H_{p10} : 指標「浸水時間」の値。

図 3.2.8 にパダンパリアマン県の洪水ハザードマップを示す。相対的に 5 つのクラスに分類して、地図上に表示している。図中、「赤」、「オレンジ」で示す比較的高いハザードはインド洋に面した海岸線沿いの沖積平野に集中している。河口部は砂州、砂丘などで閉塞されやすく、本川からの氾濫、排水不良、湿地を形成する一因となり、洪水のポテンシャルは高い。特に、県内の流域が豪雨で、沿岸が高潮位の際には、南部の海岸線に面している Ulakan Tapakis 郡の低平地はこの傾向が顕著にあらわれ、ハザードが最も高い地域（※「赤」で示されている）が多く含まれている。さらに、北部の海岸線沿いの段丘と海岸線との狭小な低平地（Batang Gasan 郡、Sungai Limau 郡）においても高いハザードを示している。その他、Anai 川、Ulakan 川、Tapakis 川、Mangau 川、Naras 川、Gasan 川沿いの平坦な地域においても、一定レベルの洪水ハザードが見られる。

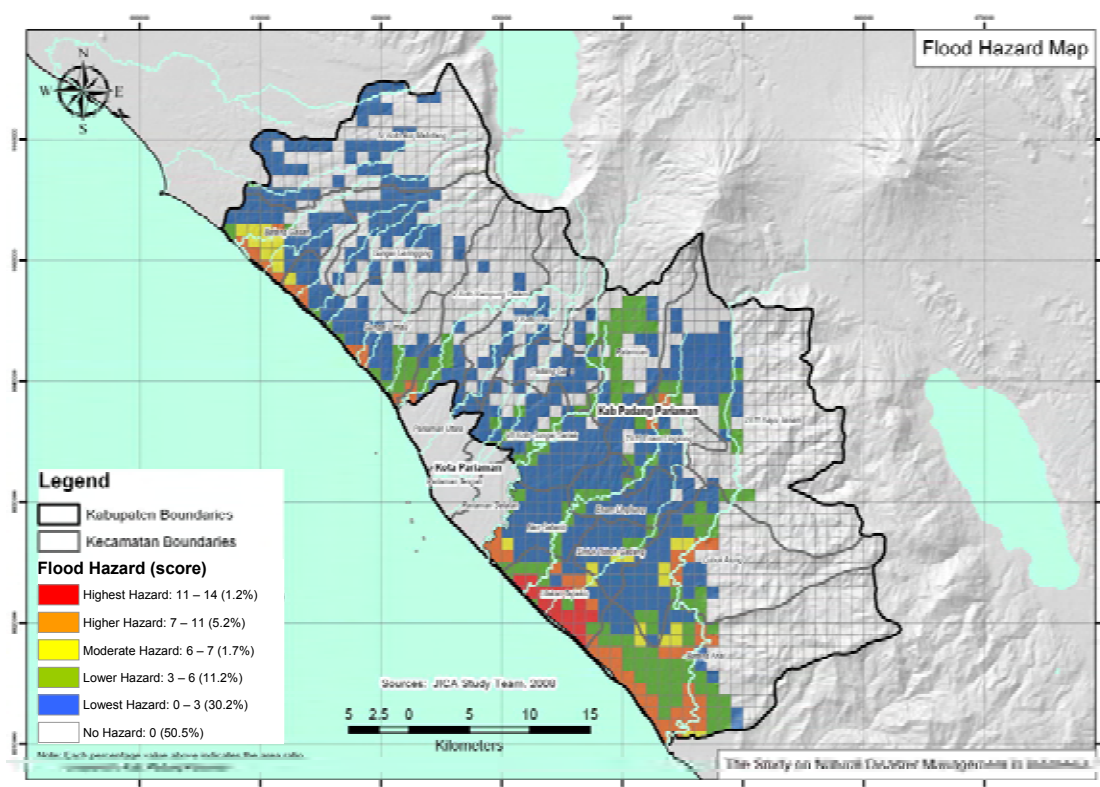


図 3.2.8 パダンパリアマン県の洪水ハザードマップ

B. 洪水災害に関するリスクマップ

洪水災害に関わる脆弱性の要因レイヤー（指標）を表 3.2.5 に示す。脆弱性要因レイヤー（指標）である「人口密度 (V_{P1})」、「都市域 (V_{P2})」および「植生/農業地域 (V_{P5})」の詳細は、サポーティングレポートの第 1 章, 1.6.4 項で述べられている。

表 3.2.5 洪水災害に関わる脆弱性の指標

脆弱性の指標	1) 人口密度 (V_{P1}) 2) 都市域 (V_{P2}) 3) 農業/稲作地域（土地被覆） (V_{P5})
--------	--

パダンパリアマン県の洪水リスクを評価は、下式に基づいた。

リスク = ハザード × 脆弱性

$$\text{リスク} = (H_{P7} + H_{P8} + H_{P9} + H_{P10}) \times (V_{P1} + V_{P2} + V_{P5}) \quad (\text{式 3.4})$$

ここに、 H_{p7} : 指標「平坦度」の値, H_{p8} : 指標「沖積層」の値, H_{p9} : 指標「浸水深」の値, H_{p10} : 指標「浸水時間」の値, V_{p1} : 指標「人口密度」の値, V_{p2} : 指標「都市域」の値, V_{p5} : 指標「農業/稲作地域」を示す。

図 3.2.9 にパダンパリアマン県の洪水リスクマップを示す。リスクが高い地域とは、基本的に、洪水ハザードにさらされている人口・資産の集中地域と見なすことが出来る。図に示されるように、洪水リスクの値は相対的に 5 段階に分類されている。全体的な傾向は、県南部（郡名：Batang Anai, Lubuk Alung, 2x11 Kayu Tanam, 2x11 Enam Lingkung, Enam Lingkung, Sintuk Toboh Gadang, Ulakan Tapakis, Patamuan, Padang Sago and VII Koto Sungai Sariak）が県北部（郡名：V Koto Timur, V Koto Kampung Dalam, Sungai Limau, Sungai Geringging, Batang Gasan and IV Koto Aur Malintang）と比較して相対的にリスクが高い。特に、Anai 川、Ulakan 川、Tapakis 川、Mangau 川、Naras 川、Gasan 川の河口部周辺は、最高のリスクあるいは高いリスク（「赤」、「オレンジ」）にさらされている。その他、Anai 川、Ulakan 川、Tapakis 川、Mangau 川、Naras 川、Gasan 川沿いにおいて、主として平坦な地域で、一定レベルの洪水リスクが示されている。

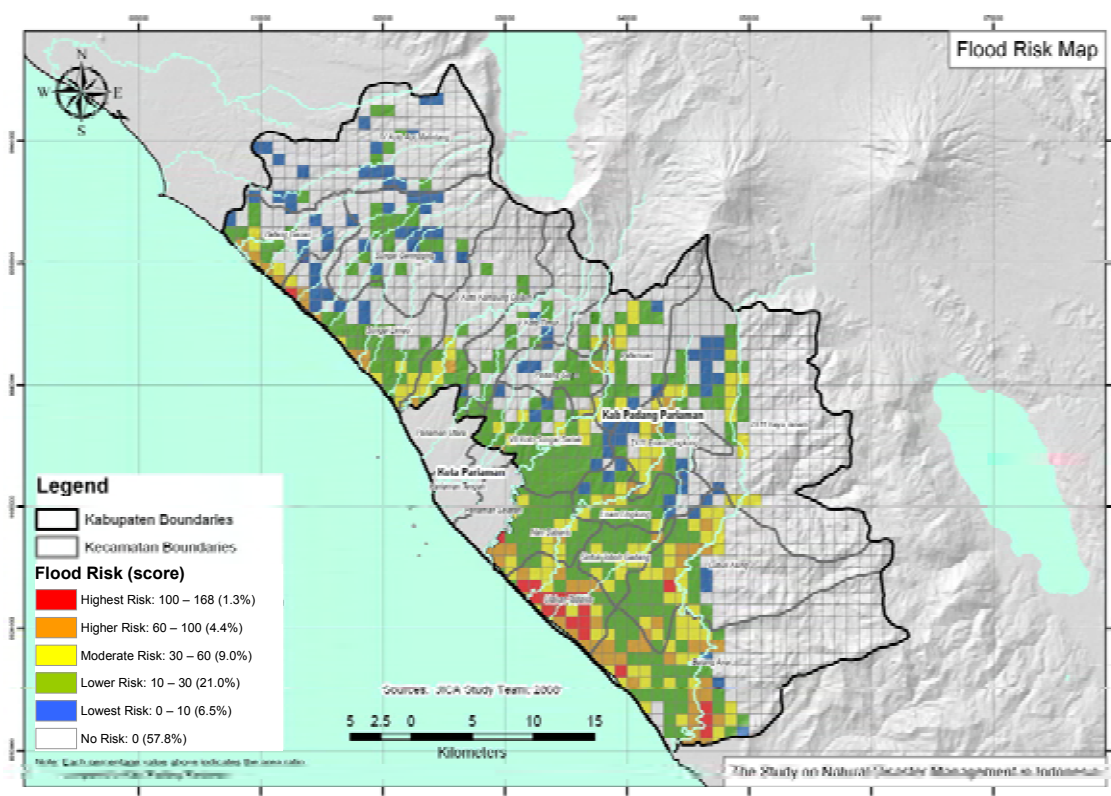


図 3.2.9 パダンパリアマン県の洪水リスクマップ

C. 洪水災害の対策案

図 3.2.8 および図 3.2.9 に示されるように、パダンパリアマン県のインド洋に面する海岸線沿いにおける沖積平野の低平地（氾濫域/洪水常襲地域）では、洪水ハザード、洪水リスクともに高い傾向がある。洪水災害に関する対応策を検討する上においては、災害特性、ハザード、リスクが異なる「氾濫域/洪水常襲地域（下流、河口域）」と「流出域（中流、上流）」の地区を区別する必要がある。図 3.2.10 に、パリアマン市を含むパダンパリアマン県の「氾濫域/洪水常襲地域（下流、河口域）」と「流出域（中流、上流）」における洪水対策の対策案を示す。表 3.2.6 に、郡単位での洪水対策の対策案を示す。洪水被害を最小限度にとどめるために、この表に掲げた全ての対策案を実行に移していくことが期待される。「水災害に対して安全なパダンパリアマン県」の実現に向けたプロセスはジュンブル県と同様であり、該当箇所を参照のこと。

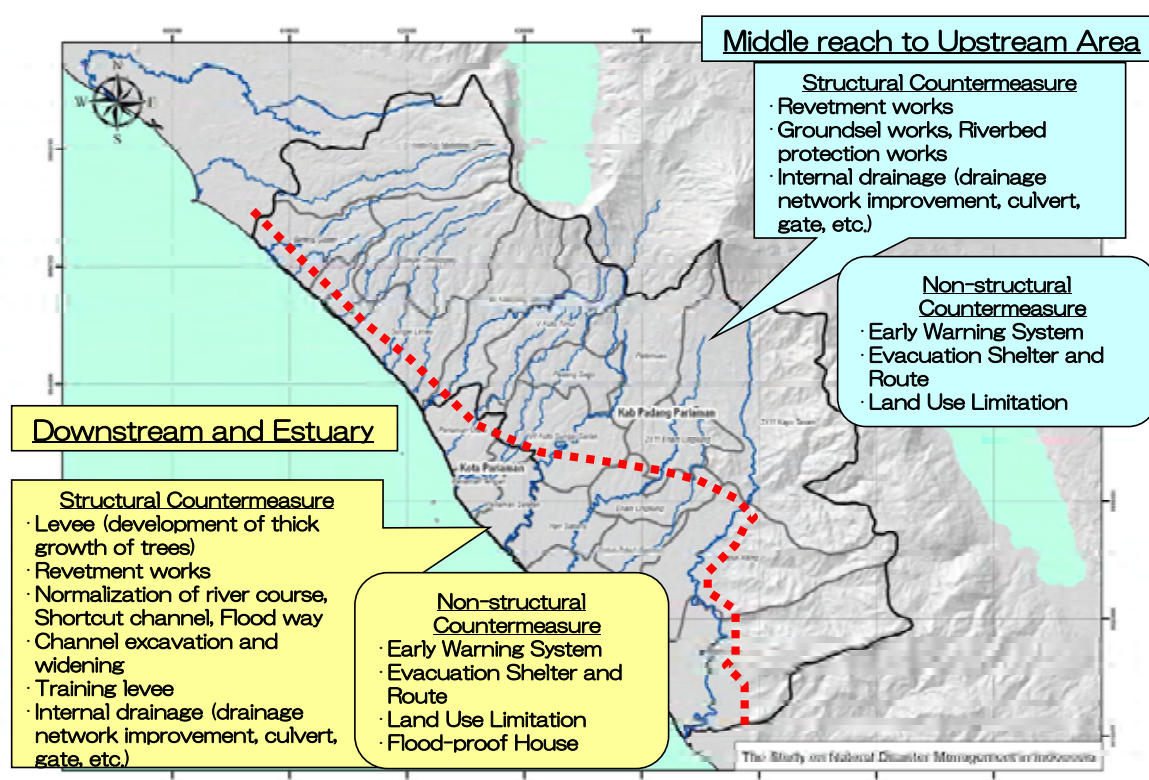


図 3.2.10 パダンパリアマン県における洪水対策案

表 3.2.6 パダンパリアマン県における洪水対策案

郡		対策案	
		構造物対策	非構造物対策
1	Batang Anai	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
2	Lubuk Alung	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
3	Sintuk Toboh Gadang	排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
4	Ulakan Tapakis	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
5	Nan Sebaris	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
6	2 x 11 Enam Lingkung	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備
7	Enam Lingkung	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備
8	2 x 11 Kayu Tanam	護岸工 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備
9	VII Koto Sungai Sarik	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備
10	Patamuan	護岸工 排水システムの改善	予警報システム 避難所と避難経路の整備
11	Padang Sago	護岸工 排水システムの改善	予警報システム 避難所と避難経路の整備
12	V Koto Kampung Dalam	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
13	V Koto Timur	護岸工 排水システムの改善	予警報システム 避難所と避難経路の整備
14	Sungai Limau	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
15	Batang Gasan	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
16	Sungai Geringging	護岸工 排水システムの改善	予警報システム 避難所と避難経路の整備
17	IV Koto Aur Malintang	護岸工 排水システムの改善	予警報システム 避難所と避難経路の整備

D. 能力強化活動

下表（表 3.2.7）に示す通り、洪水・土砂災害に関連した技術ワークショップをカウンターパート機関の災害対策チーム（Disaster countermeasure team）のメンバーを対象にして開催した。

これらワークショップの主目的は、下記の通り。

- ハザードマップ作成や計画（災害対策）の策定・改訂に関する能力強化

- 災害対策実施に関する能力強化
- 組織連携に関する能力強化

これら一連のワークショップでは、洪水・土砂災害に関して多様なトピックをカウンターパート職員と協議した。例えば、ハザード、リスク、対策に関する基本概念、災害情報管理の重要性、近年の災害の特徴、対策案の具体、等である。これらのワークショップの開催により、カウンターパート職員の減災活動に対する意識の向上が図られたと言える。また、効果的な対策の実施、インフラづくりにおいては、組織連携が不可欠であるということをワークショップの協議で明確にした。効果的に災害対策を計画・実施していくため、関係機関の更なる連携の促進が必要である。

表 3.2.7 パダンパリアマン県（パリアマン市を含む）のカウンターパート職員に実施した技術ワークショップリスト

No.	日程	場所	参加者数	内容
1	2008 年 6 月 11 日	パダンパリアマン県 庁舎会議室	11	<u>日本における諸対策の紹介</u> 日本における洪水災害、土砂災害の現状と対策 パダンパリアマン県、パリアマン市で必要な対策案 に関する協議
2	2008 年 7 月 3 日	合同現地踏査	19	<u>合同現地踏査</u> 対策チーム、計画チームを含むカウンターパート職員（パダンパリアマン県、パリアマン市）が合同で現地踏査に参加した。津波災害、地震災害、土砂災害、洪水災害に関し、本調査団の専門家とのディスカッションを通じて、現地での災害特性と対策案等に対する理解や洞察を深めるのが狙い。
3	2008 年 9 月 8 日	パリアマン市庁舎会議室	9	<u>ハザードマップおよびリスクマップの作成</u> ハザードマップ、リスクマップの作成方法および対策案に関する議論、等

3) パリアマン市

A. 洪水災害に関するハザードマップ

パリアマン市の洪水ハザードマップは、本調査団の調査団員およびカウンターパート職員とワークショップにおける協議を経て、県の関係機関および西スマトラ州の水資源総局から提供された洪水地図・情報に基づき、作成された。洪水ハザードマップを構成する要因レイヤー（指標）を表 3.2.8 に示す。沖積平野、低平地は基本的に洪水ポテンシャルが高いことから、「平坦度」および「沖積層」を洪水ハザードの要因レイヤー（指標）とした。また、「浸水深」および「浸水時間」（※西スマトラ州の水資源総局から提供された）も洪水ポテンシャルを示すものであり、これらを洪水ハザードの要因レイヤー（指標）とした。

表 3.2.8 洪水ハザードマップを作成する際に用いた指標

ハザードの指標	1) 平坦度 (地表の傾き) (H_{p7})
	2) 沖積層 (地質) (H_{p8})
	3) 浸水深 (H_{p9})
	4) 浸水時間 (H_{p10})

パリアマン市の洪水ハザードの評価は、下式に基づいた。

$$\text{ハザード} = H_{p7} + H_{p8} + H_{p9} + H_{p10} \quad (\text{式 3.5})$$

ここに、 H_{p7} : 指標「平坦度」の値, H_{p8} : 指標「沖積層」の値, H_{p9} : 指標「浸水深」の値, H_{p10} : 指標「浸水時間」の値。

図 3.2.11 にパリアマン市の洪水ハザードマップを示す。相対的に 5 つのクラスに分類して、地図上に表示している。図中、「赤」で示される最も高い洪水ハザードはインド洋に面した海岸線沿いの沖積平野に集中している。河口部は砂州、砂丘などで閉塞されやすく、本川からの氾濫、排水不良、湿地を形成する一因となり、洪水のポテンシャルは高い。パリアマン市を流下する河川の流域が豪雨で、沿岸が高潮位の際には、南部の海岸線に面している海岸沿いの低平地はこの傾向が顕著にあらわれ、ハザードが最も高い地域（※「赤」で示されている）として示されている。Mangor 川、Mangau 川、Pariaman 川、Jirak 川沿いの平坦な地域においても、中位の洪水ハザード（「黄色」で示された箇所）が見られる。

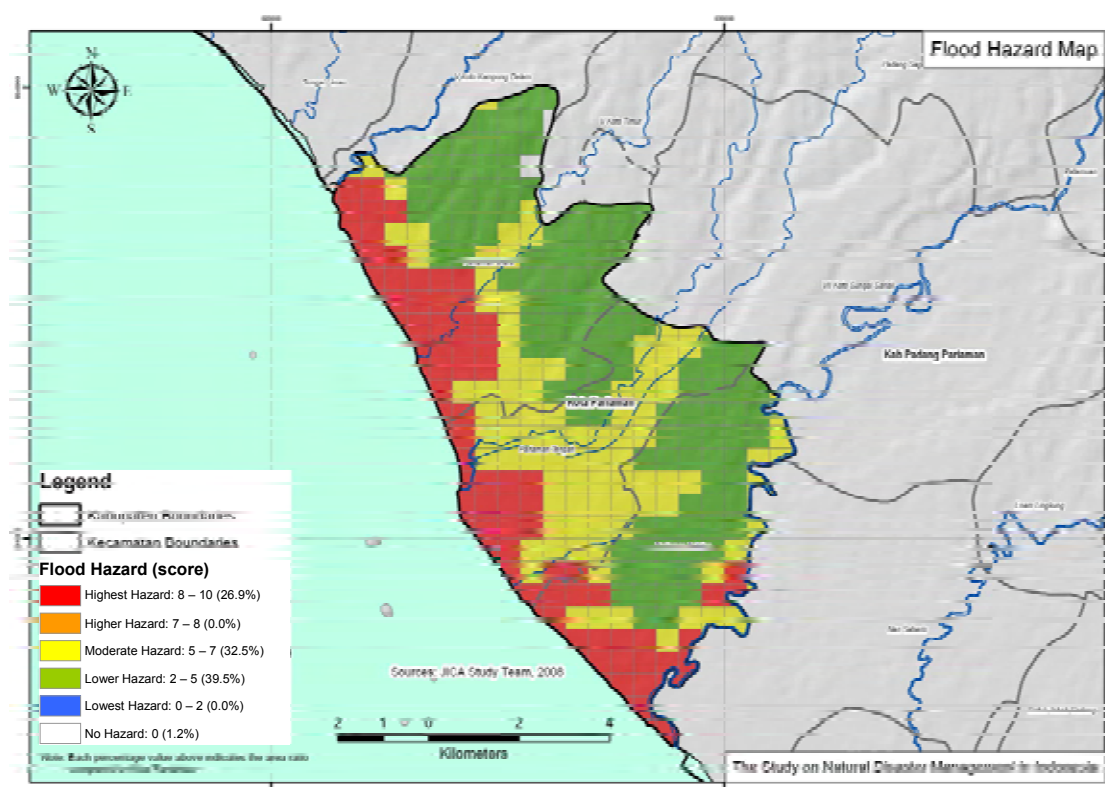


図 3.2.11 パリアマン市の洪水ハザードマップ

B. 洪水災害に関するリスクマップ

洪水災害に関わる脆弱性の要因レイヤー（指標）を表 3.2.9 に示す。脆弱性要因レイヤー（指標）である「人口密度 (V_{P1})」、「都市域 (V_{P2})」および「植生/農業地域 (V_{P5})」の詳細は、サポーティングレポートの第 1 章, 1.6.4 項で述べられている。

表 3.2.9 洪水災害に関わる脆弱性の指標

脆弱性の指標	1) 人口密度 (V_{P1}) 2) 都市域 (V_{P2}) 3) 農業/稲作地域（土地被覆）(V_{P5})
--------	---

パリアマン市の洪水リスクを評価は、下式に基づいた。

$$\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{脆弱性}$$

$$\text{リスク} = (H_{P7} + H_{P8} + H_{P9} + H_{P10}) \times (V_{P1} + V_{P2} + V_{P5}) \quad (\text{式 3.6})$$

ここに、 H_{p7} : 指標「平坦度」の値, H_{p8} : 指標「沖積層」の値, H_{p9} : 指標「浸水深」の値, H_{p10} : 指標「浸水時間」の値, V_{p1} : 指標「人口密度」の値, V_{p2} : 指標「都市域」の値, V_{p5} : 指標「農業/稲作地域」を示す。

図 3.2.12 にパリアマン市の洪水リスクマップを示す。リスクが高い地域とは、基本的に、洪水ハザードにさらされている人口・資産の集中地域と見なすことが出来る。図に示されるように、洪水リスクの値は相対的に 5 段階に分類されている。全体的な傾向は、市南部が市北部と比較して相対的にハザードが高い。特に、Pariaman Tengah 郡の海岸に近接している地域のリスクが最も高いことを示している。洪水ハザードにさらされている人口・資産の集中が最も進んだ地域であることが主要因と考えられる。

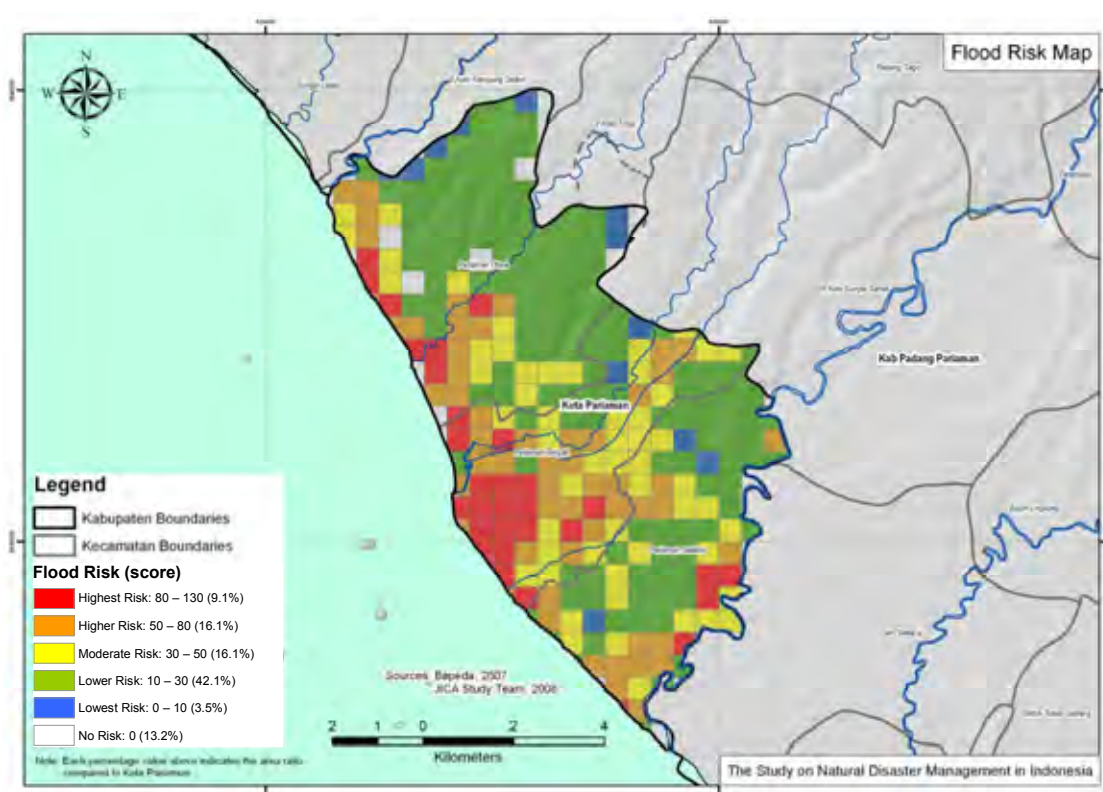


図 3.2.12 パリアマン市における洪水リスクマップ

C. 洪水災害の対策案

パダンパリアマン県の対応するセクションを参照。表 3.2.10 に、パリアマン市の洪水災害の対策案を示す。

表 3.2.10 パダンパリアマン県における洪水対策案

郡		対策案	
		構造物対策	非構造物対策
1	Pariaman Utara	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
2	Pariaman Tengah	堤防 河床掘削および河道拡幅 河川改修、河道整正 排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化
3	Pariaman Selatan	排水システムの改善	予警報システム 土地利用制限 避難所と避難経路の整備 住宅の耐水化

D. 能力強化活動

ワークショップは、パダンパリアマン県およびパリアマン市を対象にして合同で実施したため、パダンパリアマン県の対応するセクションを参照。

3.2.3 土砂災害

ここでは、土砂災害に関し、調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県およびパリアマン市）におけるハザードマップ、リスクマップの概要を説明する。また、土砂被害軽減のために可能と考えられる対策案をリストアップする。さらに、本サブセクションの最後では、カウンターパート職員に対する能力強化活動について言及している。なお、詳細は、サポーティングレポートの第5章で説明する。

1) ジュンブル県

A. 土砂災害に関するハザードマップ

ジュンブル県における土砂災害ハザードマップは、本調査団の調査団員およびカウンターパートとワークショップにおける緊密な協議を経て、県の関係機関、BMG の Karangploso 観測所から提供されたデータ、情報に基づき、作成された。土砂災害ハザードマップを作成する際に用いた指標を表 3.2.11 に示す。土砂災害のハザードマップの指標は、「傾斜」、「地質」、「年降雨量」を用いた。

表 3.2.11 土砂災害ハザードマップを作成する際に用いた指標

ハザードの指標	1) 傾斜 (H_{J4}) 2) 地質 (H_{J5}) 3) 年降雨量 (H_{J6})
---------	--

ジュンブル県の土砂災害ハザードの評価は、下式に基づいた。

$$\text{ハザード} = H_{J4} + H_{J5} + H_{J6} \quad (\text{式 3.7})$$

ここに、 H_{J4} : 指標「傾斜」の値, H_{J5} : 指標「地質」の値, H_{J6} : 指標「年降雨量」の値を示す。

図 3.2.13 に、ジュンブル県の土砂災害ハザードマップを示す。ハザードは相対的に 5 クラスに分類した。特に、県北部の山岳地域におけるハザードが最も高いハザード（※「赤」で示されている）を示しているが、この理由は、1) 山岳部、急傾斜である、2) 火山性の地質から構成される脆弱な地質、3) 降雨量が多い、ということ挙げられる。

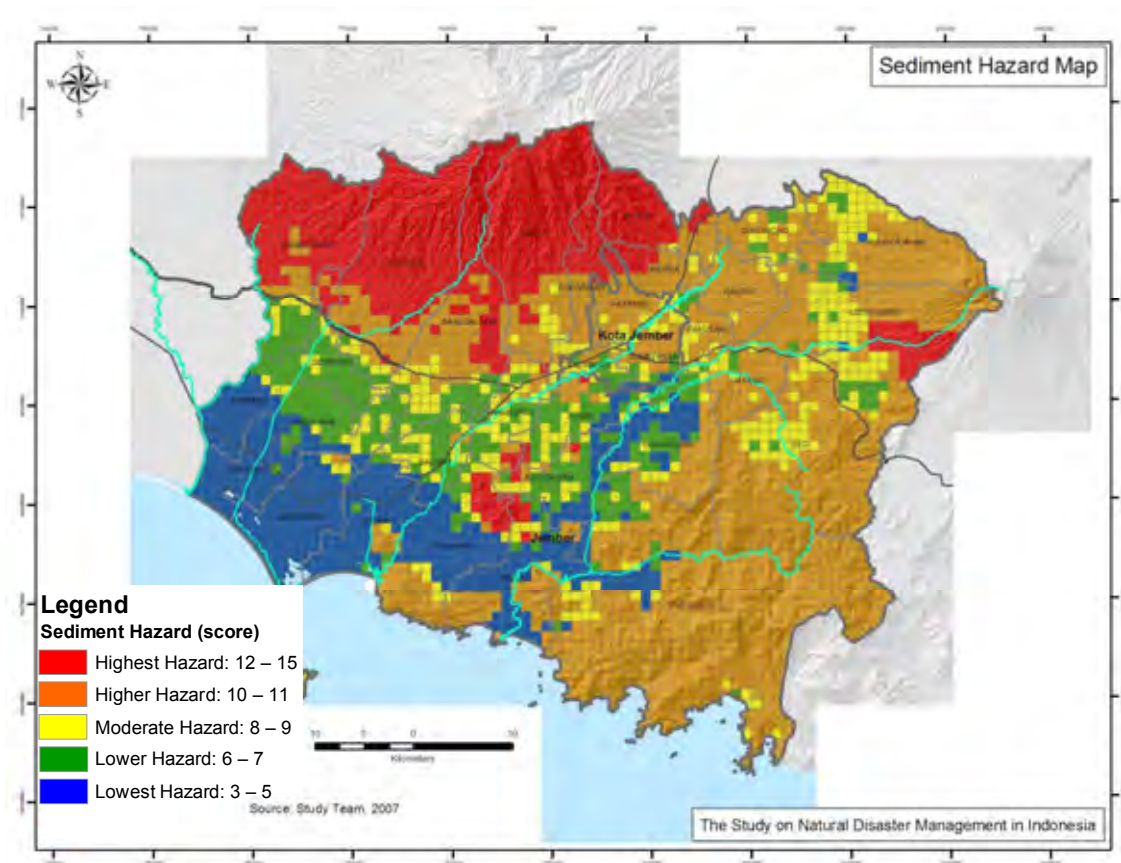


図 3.2.13 ジェンブル県の土砂災害ハザードマップ

B. 土砂災害に関するリスクマップ

土砂災害ハザードマップおよびリスクマップを作成する際に用いた指標を表 3.2.12 に示す。脆弱性指標である「人口密度 (V_{J1})」、「都市域 (V_{J2})」および「土地被覆 (V_{J4})」の詳細は、サポーティングレポートの第 1 章, 1.6.4 項で述べられている。

表 3.2.12 土砂災害に関する脆弱性指標

脆弱性の指標	1) 人口密度 (V_{J1}) 2) 都市域 (V_{J2}) 3) 土地被覆 (V_{J4})
--------	---

ジェンブル県の土砂災害リスクの評価は、下式に基づいた。

リスク = ハザード × 脆弱性

$$\text{リスク} = (H_{J4} + H_{J5} + H_{J6}) \times (V_{J1} + V_{J2} + V_{J4}) \quad (\text{式 3.8})$$

ここに、 H_{j4} : 指標「傾斜」の値、 H_{j5} : 指標「地質」の値、 H_{j6} : 指標「年降雨量」の値、 V_{j1} : 指標「人口密度」の値、 V_{j2} : 指標「都市域」の値、 V_{j4} 指標「土地被覆」を示す。

図 3.2.14 にジュンブル県の土砂災害リスクマップを示す。リスクが高い地域とは、基本的に、土砂災害ハザードにさらされている人口・資産の集中地域と見なすことが出来る。図に示されるように、土砂災害リスクの値は相対的に 5 段階に分類されている。ジュンブル県の中央部に位置する人口密集地域から北部の山岳地域をカバーする広範囲で、最も高いリスクを示しているエリアが多い。Kaliwates 郡、Sumbersari 郡および Patrang 郡は都市部・人口密集地域であることから、最も高いリスクとして評価されたエリアの割合が多い。この地域は北部山岳地域に比べて勾配がなだらかであるが、一部急傾斜地区もあり、土砂被害が時折発生している。Panti 郡、Rmbipuji 郡を含む北西の山麓地域においては、2005 年 12 月 31 日～2006 年 1 月 2 日にかけて、バンジルバンダン災害（※突然かつ急激な流れを伴う大規模な洪水は全てバンジルバンダン（Banjir-Bandang）と呼ばれ、土石流なども含めて用いられている）により、甚大な被害が発生した。この地域は火山噴出物で厚く覆われており、地質的に脆弱で、人口密集地域や農地への被災要因となっている。

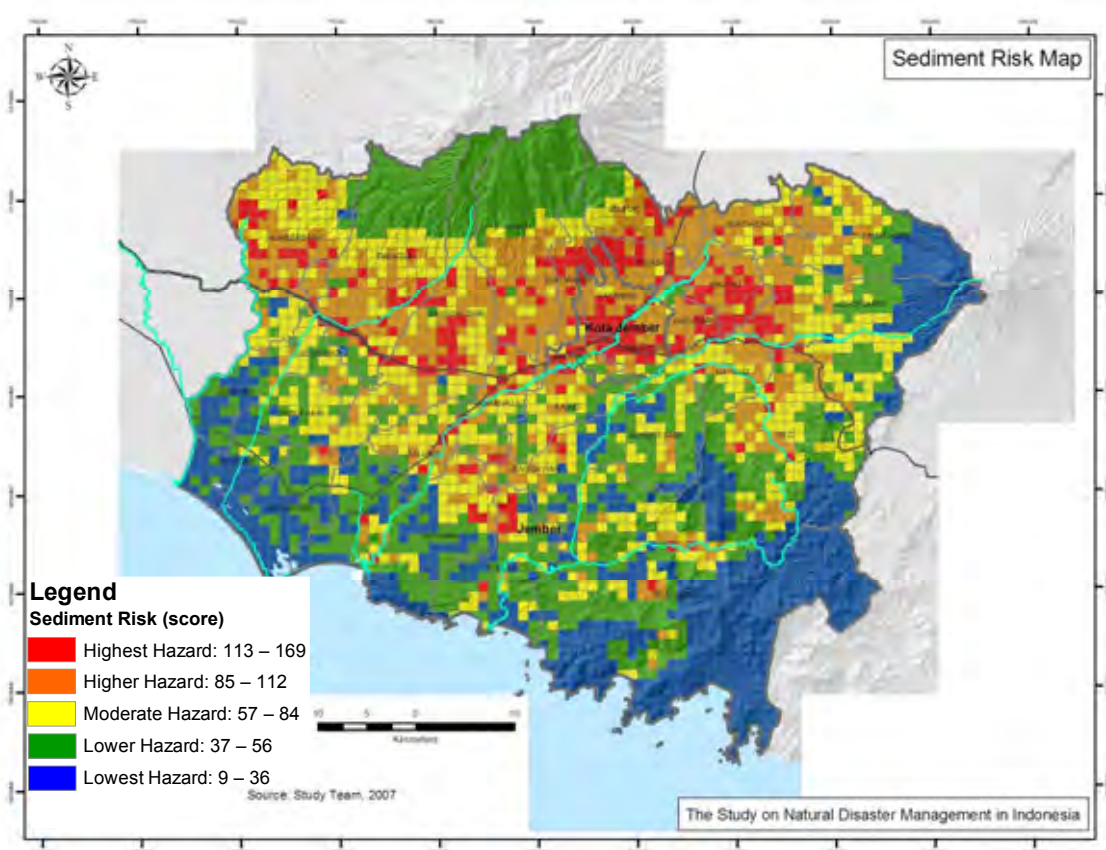


図 3.2.14 ジュンブル県の土砂災害に関するリスクマップ

C. 土砂災害の対策案

土砂災害ハザードマップおよびリスクマップを反映して、過去に土砂災害の被害を被った 2 地域を抽出した（図 3.2.6 を参照）。1 箇所は、北部の山岳地域にある Panti 郡、Sukorambi 郡、Arjasa 郡、Jelbuk 郡、Patrang 郡、Kaliwates（以後、S1 地域と略す）郡である。もう 1 箇所は、東部山岳地帯に位置する Ledokombo 郡および Kencong 郡をカバーする S2 地域である。

表 3.2.13 S1 地域および S2 地域における対策案

	非構造物対策	構造物対策
S1 地域	・ 植林 ・ 土地利用制限 ・ 迅速・的確な避難に向けた早期予警報システム ・ コミュニティ支援活動 ・ 避難所と避難経路の整備	・ 導流堤（水制工） ・ 擁壁 ・ 斜面保護工（法枠工）
S2 地域	・ 植林 ・ 土地利用制限 ・ 迅速・的確な避難に向けた早期予警報システム ・ コミュニティ支援活動 ・ 避難所と避難経路の整備	・ 床固工 ・ 堤防 ・ 護岸工 ・ 山腹工（植林含む）

D. 能力強化活動

水災害に関するワークショップは、土砂災害および洪水災害を対象に共同で実施したことから、洪水災害の対応するセクションを参照のこと。

2) パダンパリアマン県

A. 土砂災害に関するハザードマップ

パダンパリアマン県における土砂災害ハザードマップは、本調査団の調査団員およびカウンターパートとワークショップにおける緊密な協議を経て、県の関係機関、BMG、西スマトラ州の水資源総局から提供されたデータ、情報に基づき、作成された。土砂災害ハザードマップを作成する際に用いた指標を表 3.2.14 に示す。土砂災害のハザードマップの指標は、「傾斜」、「地質」、「年降雨量」を用いた。

表 3.2.14 土砂災害ハザードマップを作成する際に用いた指標

ハザードの指標	1) 傾斜 (H_{p4}) 2) 地質 (H_{p5}) 3) 年降雨量 (H_{p6})
---------	--

パダンパリアマン県の土砂災害ハザードの評価は、下式に基づいた。

$$\text{ハザード} = H_{p4} + H_{p5} + H_{p6} \quad (\text{式 3.9})$$

ここに、 H_{p4} : 指標「傾斜」の値, H_{p5} : 指標「地質」の値, H_{p6} : 指標「年降雨量」の値を示す。

図 3.2.15 に、パダンパリアマン県の土砂災害ハザードマップを示す。ハザードは相対的に 5 クラスに分類した。パダンパリアマン県は広い範囲にわたって火砕流堆積物に覆われており、西側の平地部を除く殆どの地域は地質的に脆い。特に、急勾配地では、多量の降雨による土砂災害のハザードが大きい。V Koto Kampung Dalam 郡の北側、V Koto Timur 郡の北側、Patamuan 郡のほぼ全域、2×11 Kayu Tanam 郡の西側等に、ハザードが特に大きい地区が見られる。また、その他の郡でも急傾斜地部でのハザードは多く有り、Highest hazard 地区（※「赤」で示される部分）と High hazard 地区（※「オレンジ」で示される部分）を併せると県全体の面積の約 8 割となっている。

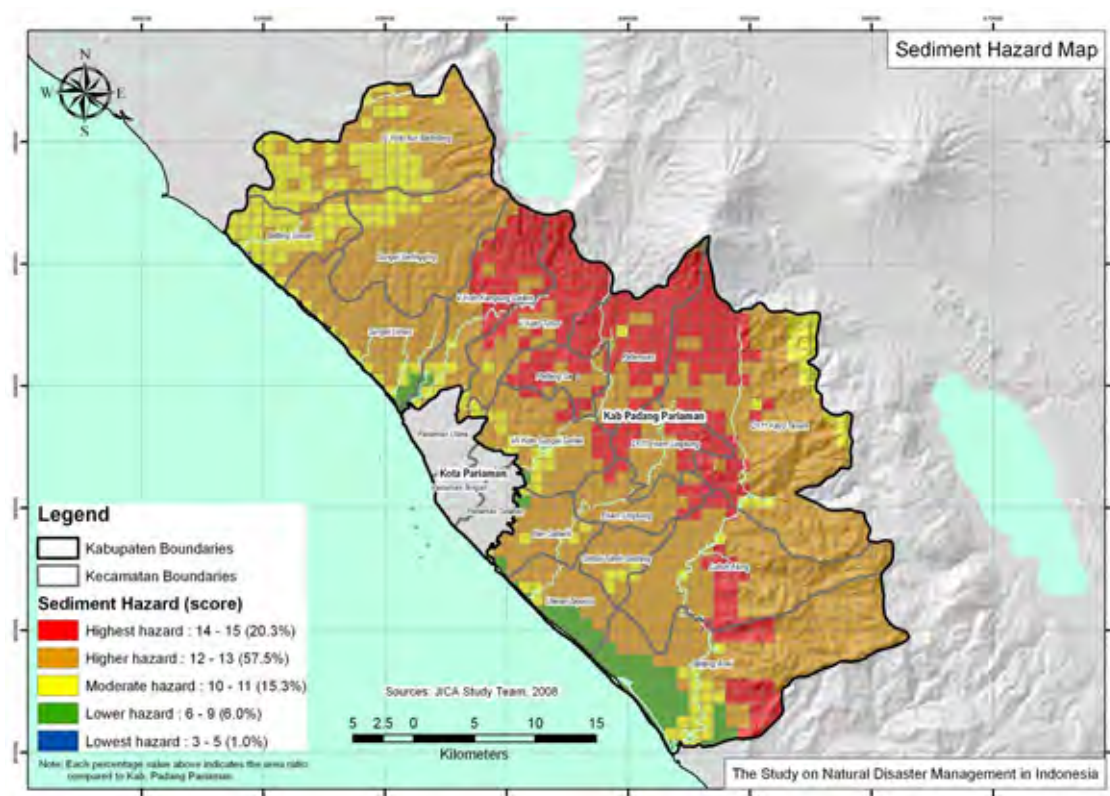


図 3.2.15 パダンパリアマン県の土砂災害ハザードマップ

B. 土砂災害に関するリスクマップ

土砂災害に関わる脆弱性の指標を表 3.2.15 に示す。脆弱性指標である「人口密度 (V_{P1})」、「都市域 (V_{P2})」および「急傾斜地の道路/線路 (V_{P4})」の詳細は、サポーティングレポートの第 1 章, 1.6.4 項で述べられている。

表 3.2.15 土砂災害に関する脆弱性指標

脆弱性の指標	1) 人口密度 (V_{P1}) 2) 都市域 (V_{P2}) 3) 急傾斜地の道路/線路 (V_{P4})
--------	---

パダンパリアマン県の土砂災害リスクを評価には、下式に基づいた。

リスク = ハザード × 脆弱性

$$\text{リスク} = (H_{P4} + H_{P5} + H_{P6}) \times (V_{P1} + V_{P2} + V_{P4}) \quad (\text{式 3.10})$$

ここに、 H_{p4} : 指標「傾斜」の値、 H_{p5} : 指標「地質」の値、 H_{p6} : 指標「年降雨量」の値、 V_{p1} : 指標「人口密度」の値、 V_{p2} : 指標「都市域」の値、 V_{p4} 指標「急傾斜地の道路/線路」を示す。

図 3.2.16 にパダンパリアマン県の土砂災害リスクマップを示す。リスクが高い地域とは、基本的に、土砂災害ハザードにさらされている人口・資産の集中地域であると見なすことが出来る。図に示されるように、土砂災害リスクの値は相対的に 5 段階に分類されている。パダンパリアマン県でこれまで発生した災害を見ると、道路沿いや海岸部の海岸段丘で土砂崩壊被害が発生している。また、山岳地を走る道路沿いの急斜面で崩壊が多い。しかし、県東部の山岳地は土質や傾斜からみてハザードは大きい、脆弱性が低い（※人口密集地ではない）ため、リスクは小さい。Highest Risk（※「赤」で示される部分）および High Risk（※「オレンジ」で示される部分）の地区を併せた面積は県全体の面積の約 2 割である。県全体としての土砂災害ハザードは全域で高いため、今後土地利用を進めるにあたり、十分な土地条件の調査や検討が望ましい。

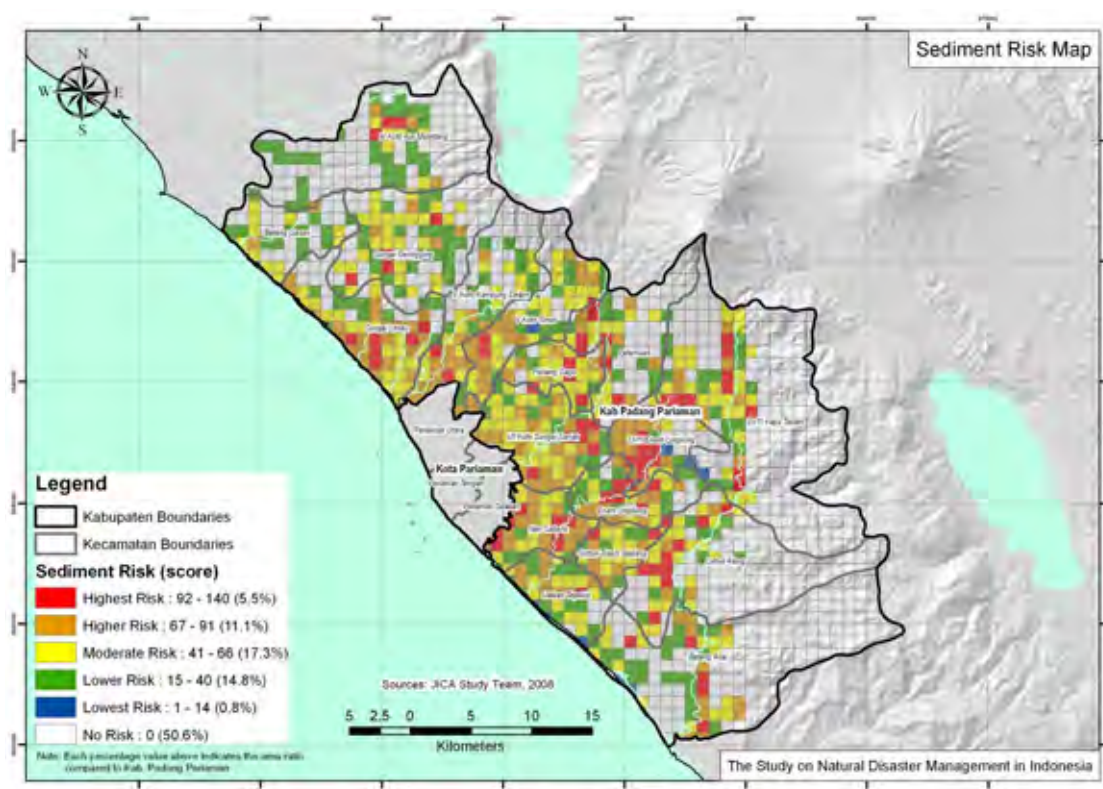


図 3.2.16 パダンパリアマン県の土砂災害リスクマップ

C. 土砂災害の対策案

パダンパリアマン県の土砂災害対策は西側の平地部を除く殆どの地域で必要となる。特に、V Koto Kampung Dalam 郡の北側、V Koto Timur 郡の北側、Patamuan 郡のほぼ全域、2 x 11 Kayu Tanam 郡の西側、IV Koto Aur Malintang 郡の中心部等、幹線道路沿いに緊急に対策工事を必要としている箇所が見受けられる。今後、詳細な調査を行うと共に、優先順位を設定して工事を進めることが重要である。また、Sungai Limau 郡の海岸側にも人家の裏に急崖が見受けられるところがあり、工事が必要と思われる箇所がある。表 3.2.16 に、パダンパリアマン県の対策案の一覧（郡別）を示す。

D. 能力強化活動

水災害に関するワークショップは、土砂災害および洪水災害を対象に共同で実施したことから、洪水災害の対応するセクションを参照のこと。

表 3.2.16 パダンパリアマン県における対策案

Kec.		災害の特性	対策案	
			構造物対策	非構造物対策
1	Batang Anai	土砂災害の危険性は少ない 一部川沿い、道路沿いの崩壊に注意	現時点では必要なし	現時点では必要なし
2	Lubuk Alung	河道侵食による崩壊あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
3	Sintuk Toboh Gadang	土砂災害の危険性は少ない	必要なし	必要なし
4	Ullakan Tapakis	土砂災害の危険性は少ない	必要なし	必要なし
5	Nan Sebaris	土砂災害の危険性は少ない 一部川沿いの崩壊に注意	現時点では必要なし	現時点では必要なし
6	2 x 11 Enam Lingkung	土砂災害の危険性は少ない 一部川沿い、道路沿いの崩壊に注意	現時点では必要なし	現時点では必要なし
7	Enam Lingkung	河道侵食による崩壊あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
8	2 x 11 Kayu Tanam	河道侵食による崩壊あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工 ・コンクリート吹きつけ工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
9	VII Koto Sungai Sarik	土砂災害の危険性は少ないが 一部道路沿いに崩壊の危険性あり	現時点では必要なし	現時点では必要なし
10	Patamuan	河川や道路沿いに多数の崩壊地あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
11	Padang Sago	河川や道路沿いに多数の崩壊地あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
12	V Koto Kampung Dalam	A collapse place is located along a river.	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
13	V Koto Timur	河川や道路沿いに多数の崩壊地あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
14	Sungai Limau	海岸段丘に崩壊の危険あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
15	Batang Gasan	河道侵食による崩壊あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
16	Sungai Geringging	河道沿いに比較的大規模な崩壊あり。また、道路沿いにも急傾斜地あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)
17	IV Koto Aur Malintang	河道沿いに比較的大規模な崩壊あり。また、道路沿いにも急傾斜地あり	・擁壁工 ・法枠工 ・落石防止工	・土地利用規制 ・樹木の伐採制限 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)

3) パリアマン市

A. 土砂災害に関するハザードマップ

パリアマン市における土砂災害ハザードマップは、本調査団の調査団員およびカウンターパートとワークショップにおける緊密な協議を経て、県の関係機関、BMG、西スマトラ州の水資源総局から提供されたデータ、情報に基づき、作成された。本調査団の専門家およびカウンターパートと数々のワークショップにおける緊密な協議を通じて作成されたものである。土砂災害ハザードマップを作成する際に用いた指標を表 3.2.17 に示す。土砂災害のハザードマップの指標は、「傾斜」、「地質」、「年降雨量」を用いた。

表 3.2.17 土砂災害ハザードマップを作成する際に用いた指標

ハザードの指標	1) 傾斜 (H_{p4}) 2) 地質 (H_{p5}) 3) 年降雨量 (H_{p6})
---------	--

パリアマン市の土砂災害ハザードの評価は、下式に基づいた。

$$\text{ハザード} = H_{p4} + H_{p5} + H_{p6} \quad (\text{式 3.11})$$

ここに、 H_{p4} : 指標「傾斜」の値, H_{p5} : 指標「地質」の値, H_{p6} : 指標「年降雨量」の値を示す。

図 3.2.17 にパダンパリアマン県の土砂災害のハザードマップを示す。ハザードは相対的に 5 クラスに分類した。地質的に、パリアマン市は、パダンパリアマン県と同様に火砕流堆積物で覆われている地区が多く、市の北側には小起伏丘陵地が占めている。そのため、一部急傾斜地部では土砂崩壊のハザードが大きくなっている。なお、地形的に海岸沿いは砂丘と海岸平野であり、また、河川沿いには谷底平野となっており、殆ど平坦で災害のハザードは低い。Highest hazard (※「赤」で示される部分) 地区と High hazard ※「オレンジ」で示される部分) 地区を併せた面積はパリアマン市全体の約 6 割となる。

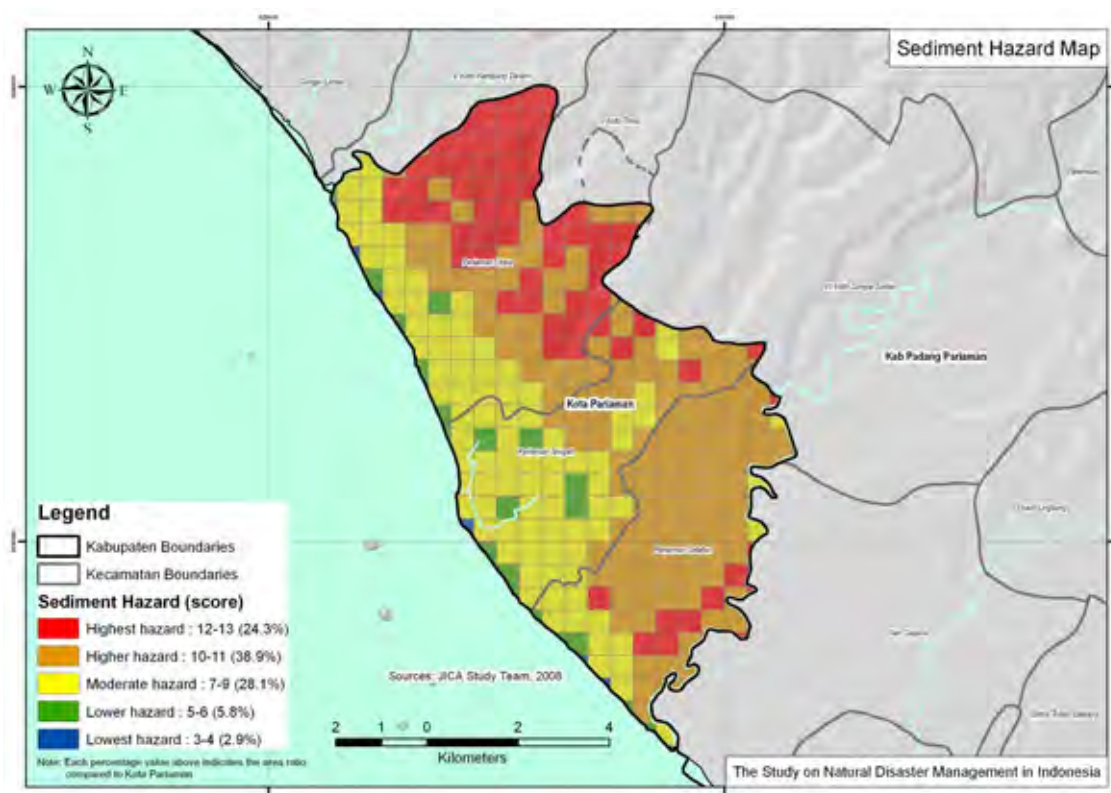


図 3.2.17 パリアマン市の土砂災害ハザードマップ

B. 土砂災害に関するリスクマップ

土砂災害に関わる脆弱性の指標を表 3.2.18 に示す。脆弱性指標である「人口密度 (V_{P1})」、「都市域 (V_{P2})」および「急傾斜地の道路/線路 (V_{P4})」の詳細は、サポーティングレポートの第 1 章, 1.6.4 項で述べられている。

表 3.2.18 土砂災害に関する脆弱性指標

脆弱性の指標	1) 人口密度 (V_{P1}) 2) 都市域 (V_{P2}) 3) 急傾斜地の道路/線路 (V_{P4})
--------	---

パリアマン市の土砂災害リスクを評価には、下式に基づいた。

リスク = ハザード × 脆弱性

$$\text{リスク} = (H_{P4} + H_{P5} + H_{P6}) \times (V_{P1} + V_{P2} + V_{P4}) \quad (\text{式 3.12})$$

ここに、 H_{p4} : 指標「傾斜」の値, H_{p5} : 指標「地質」の値, H_{p6} : 指標「年降雨量」の値, V_{p1} : 指標「人口密度」の値, V_{p2} : 指標「都市域」の値, V_{p4} 指標「急傾斜地の道路/線路」を示す。

図 3.2.18 にパリアマン市の土砂災害リスクマップを示す。リスクが高い地域とは、基本的に、土砂災害ハザードにさらされている人口・資産の集中地域であると見なすことが出来る。全体的な傾向としては、東側が高いリスクを示している。また、Mangau 川で護岸の整備が行われていない地区で河道侵食があり、河川沿いの住居はリスクが高い。しかし、Highest Risk (※「赤」で示される部分) で示す地域以外は基本的に急斜面等が殆ど無く、災害発生の確率はかなり低い。しかし、斜面は小さくても傾斜が急な場合、激しい降雨時には土砂災害被害に注意を要する。なお、Highest Risk 地区の面積割合はパリアマン市全体の約 16% である。

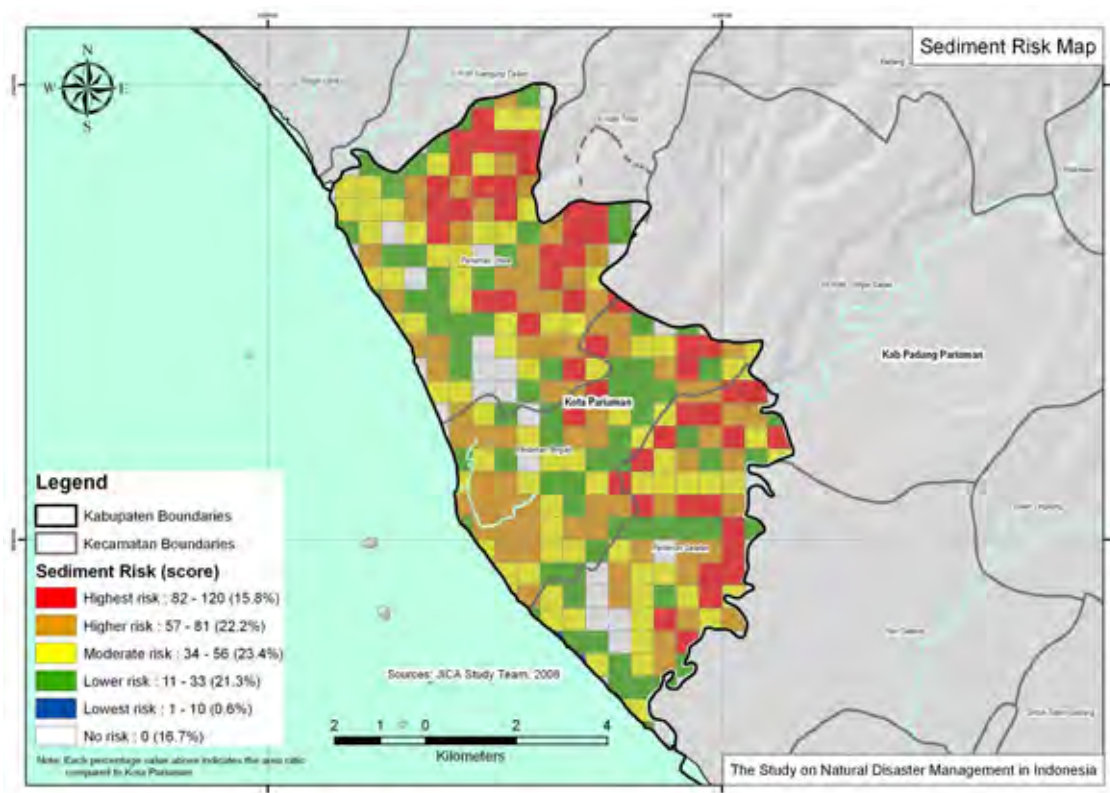


図 3.2.18 パリアマン市の土砂災害リスクマップ

C. 土砂災害の対策案

パリアマン市は、地形的に比較的平坦地が多く、大規模な土砂災害対策構造物は必要ない。しかし、市の東側には小規模ながら急傾斜地が存在しており、斜面に近接して住居を設けている箇所もあり、注意を要する。また、Mangau 川下流部の護岸の無い地区では、洪水時の流水による洗掘・侵食が発生しており、河川工事による対策も必要である。土砂災害対策工案の概要を表 3.2.19 に示す。

表 3.2.19 パリアマン市における土砂災害の対策案

Kec.	災害の特性	対策工	
		構造物対策	非構造物対策
北 Pariaman 中央 Pariama 南 Pariaman	崩壊の危険箇所は少ない。しかし、各Kec.の東側には小規模の急傾斜面があり、斜面下の住居は注意を要する。	・擁壁工	・土地利用規制 ・早期警報(早期情報伝達、雨量計の設置など)

D. 能力強化活動

水災害に関するワークショップは、土砂災害および洪水災害を対象に共同で実施したことから、洪水災害の対応するセクションを参照のこと。

3.2.4 地震災害

ここでは、地震災害に関し、調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県およびパリアマン市）におけるハザードマップ、リスク（想定被害）マップの概要を説明する。また、地震被害軽減のために可能と考えられる対策案についてもリストアップしている。さらに、本サブセクションの最後では、カウンターパート職員に対する能力強化活動について言及している。なお、詳細は、サポーティングレポートの第3章で説明する。

1) ジュンブル県

A. 地震ハザードマップ

Hazard とは Disaster の原因であり、地震災害においては地表地震動である。よって、地表地震動強度の分布図が Hazard Map に相当し、それ以外の要素は含まない。地震ハザードマップとしての地表地震動の分布を図 3.2.19 に示す。図化したのは、地表 PGA と、それを基に算出した MMI 値である。PGA とは基盤における地震動の大きさである。

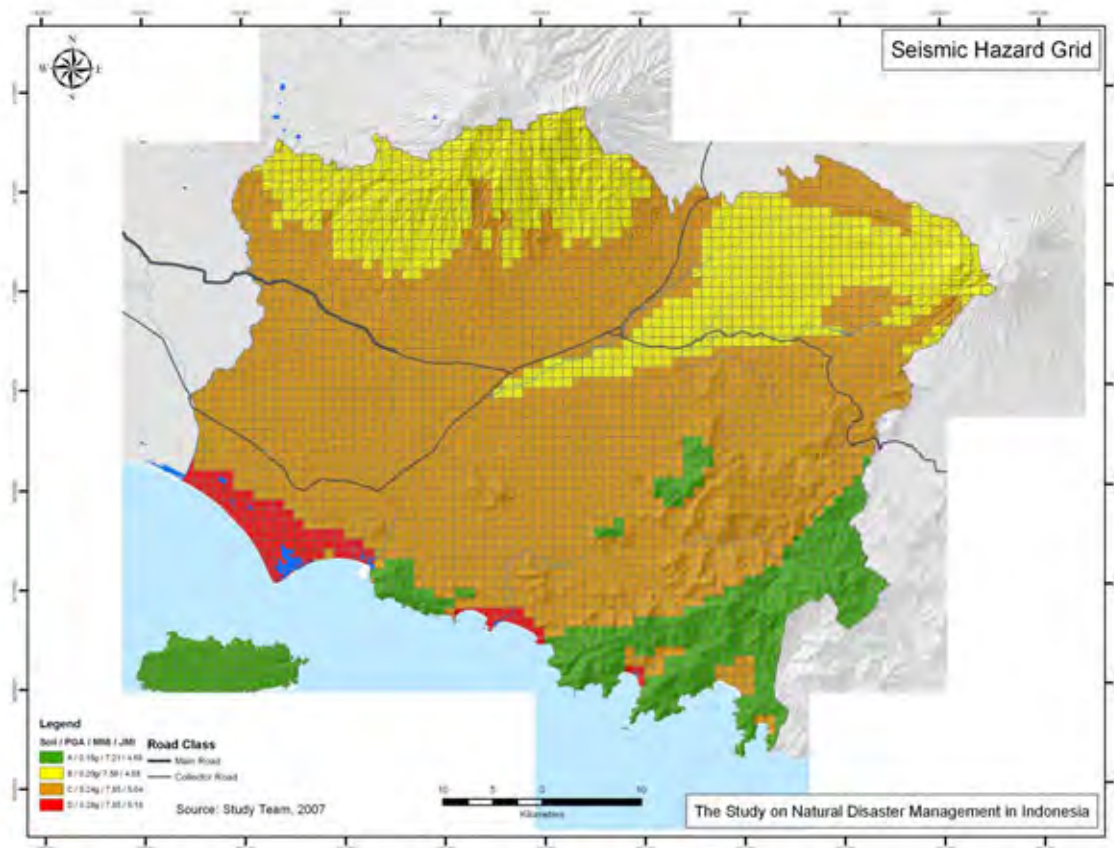


図 3.2.19 ジュンブル県の地震ハザードマップ (地表地震動強度の分布)

MMI 値とは人間の感覚で評価し得る現象を基に地震動を表記するもの（例えば、「立っているのが困難」）であり、地震の強さを 12 段階で示し、構造物の破壊などの現象によく比例する。MMI 値は、基本的には整数値で示されるものであるが、本報告書においては、僅差を標記するために、あえて小数値で示している。ジュンブル県に予測される 500 年期待値は MMI 表示で 7.5 前後である。この地震動強度は日本の気象庁震度階級 (JMI) では震度 5 前後となる。JMI も、MMI 同様に地震の強さを 10 段階で示し、人間の感覚で評価し得る現象を基に地震動を表記するものである。例えば、震度 5 であれば、日本の住宅建築では軽微な被害が発生する程度である。ただし、インドネシアの住宅建築の耐震性は日本の建築に較べて相当に劣るため、この程度の地震動であっても深刻な被害が発生する。

B. 地震リスクマップ

図 3.2.20 に、大破以上となる建物数を全建物数で除した値を、一辺 1km のグリッド毎に、示す。

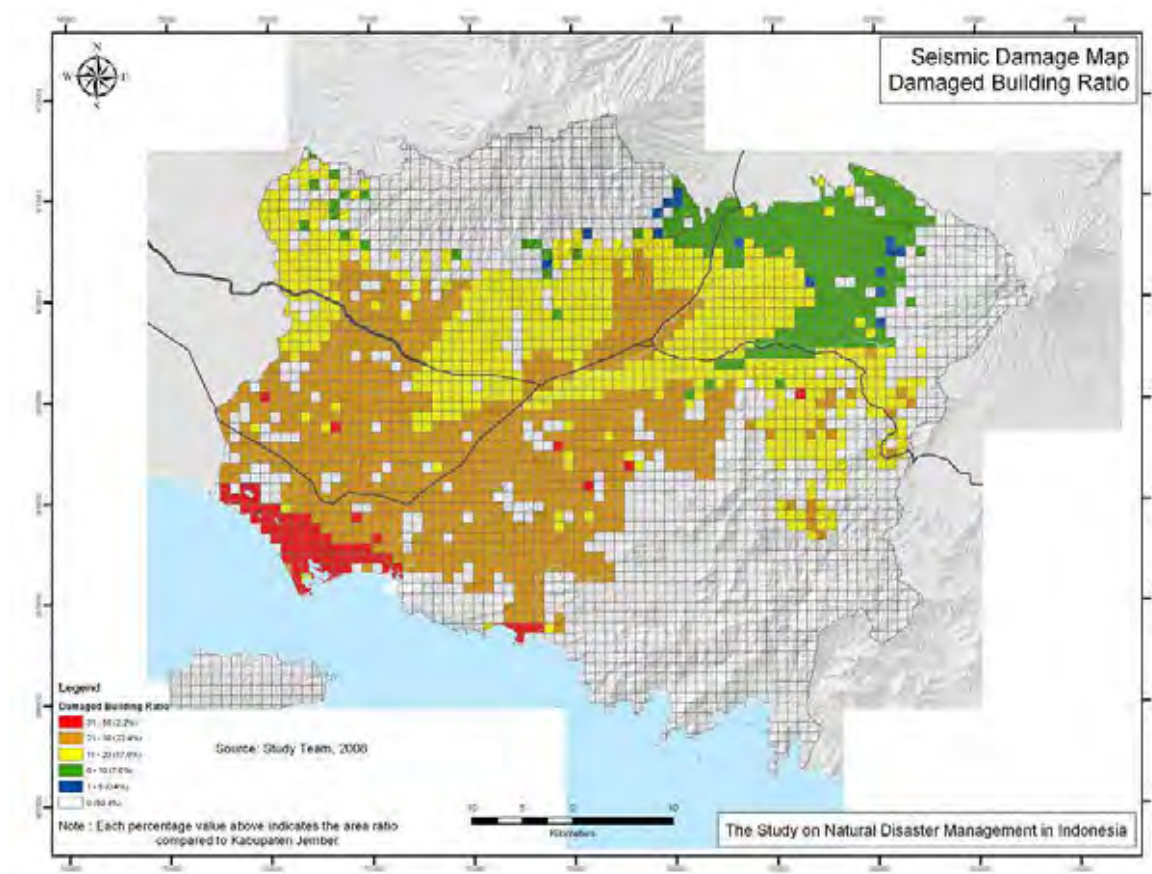


図 3.2.20 ジュンブル県の地震リスクマップ (大破以上の建物数の割合)

図 3.2.19 にも示されるとおり、地表地震動強度は場所によって異なり、構造の脆弱性は建物の種別毎に異なる。結論から言うと、脆弱な建物が存在する場所のリスクが高い。例えば、近代的な設計思想によって設計され施工された鉄筋コンクリート建物であればこの地域に予想される MMI8 強の地震であっても 10%以下の大破率で収まるが、無補強レンガ Masonry であれば同じ地震動であっても 90%近い大破率に至る。包括的な意味でのリスクマップを 1 枚の図に納めるのには多少の困難がある。

C. 地震災害の対策案

地震災害による死傷者数を減らすためには、建物耐震化以外には有効な対策はあり得ない。地震による地盤震動で死傷者が出てしまってから行う救助活動、支援活動は被災地の人達が絶望してしまうことを避ける効果を持つが、死者の数を減らすと言う点からは有効と言えない。建物耐震化については次のような対策がある。

- 新築建物の許可および監督制度を確立
- 既存建物の耐震診断制度を確立
- 既存建物の耐震補強の奨励および助成
- 建て直しの奨励および助成
- 建物の耐震に関する住民教育

非構造対策によって地震災害による死傷者数を減らすことはできないが、被災者の生活を支援し、復興を支援する活動が必要である。そのための準備は次の通り。

- 一時避難場所の確保
- 緊急時資材の備蓄
- 近隣行政組織との相互支援協定締結
- 中央防災組織との連携方法確立
- 応急危険度判定制度の確立
- 地域の組織や住民を対象とした教育および緊急対応演習

2) パダンパリアマン県

A. 地震ハザードマップ

Hazard とは Disaster の原因であり、地震災害においては地表地震動である。よって、地表地震動強度の分布図が Hazard Map に相当し、それ以外の要素は含まない。地震ハザードマップとしての地表地震動の分布を図 3.2.21 に示す。図化したのは、地表 PGA と、それを基に算出した MMI 値である。PGA とは基盤における地震動の大きさである。

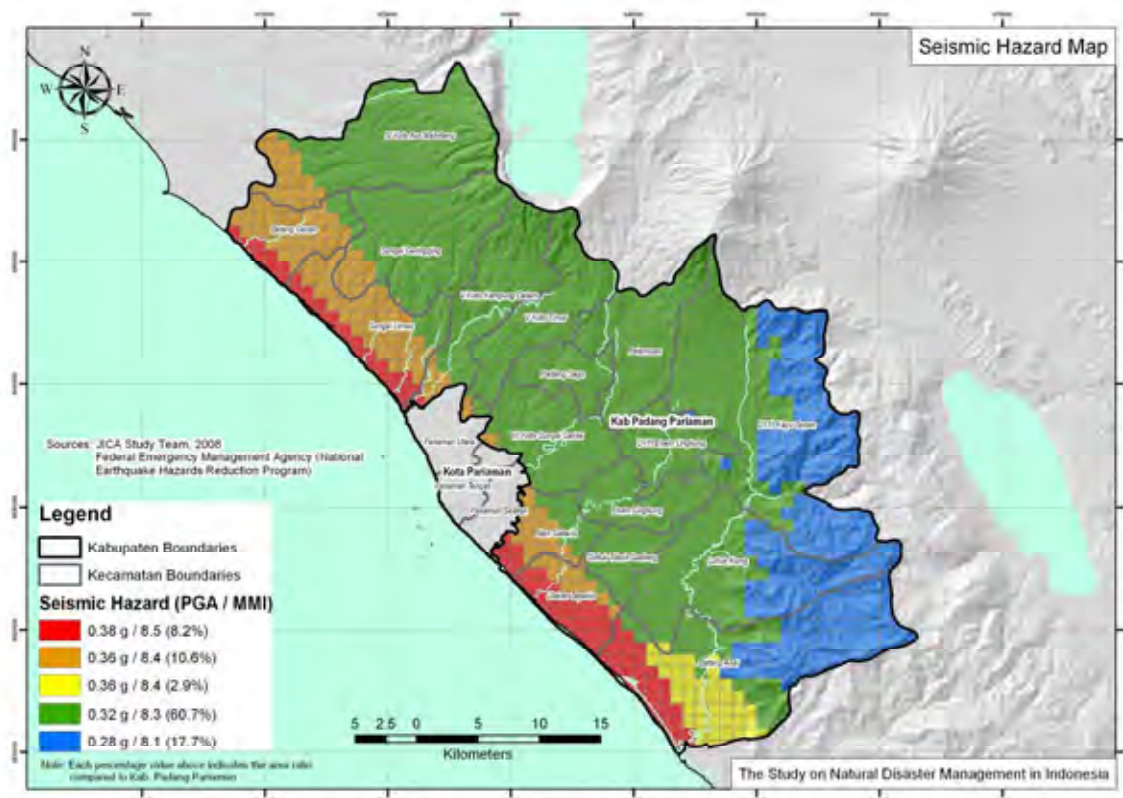


図 3.2.21 パダンパリアマン県の地震ハザードマップ (地表地震動強度の分布)

MMI 値とは人間の感覚で評価し得る現象を基に地震動を表記するもの（例えば、「立っているのが困難」）であり、地震の強さを 12 段階で示し、構造物の破壊などの現象に良く比例する。MMI 値は、基本的には整数値で示されるものであるが、本報告書においては、僅差を標記するために、あえて小数値で示している。パダンパリアマン県に予測される 500 年期待値は MMI 表示で 8.1～8.5 である。この地震動強度は日本の気象庁震度階級(JMI)では震度 5 前後となる。JMI も、MMI 同様に地震の強さを 10 段階で示し、人間の感覚で評価し得る現象を基に地震動を表記するものである。例えば、震度 5 であれば、日本の住宅建築では軽微な被害が発生する程度である。ただし、インドネシアの住宅建築の耐震性は日本の建築に較べて相当に劣るため、この程度の地震動であっても深刻な被害が発生する。

B. 地震リスクマップ

図 3.2.22 に、大破以上となる建物数を全建物数で除した値を、一辺 1km のグリッド毎に、示す。図 3.2.21 にも示されるとおり、地表地震動強度は場所によって異なり、構造の脆弱性は建物の種別毎に異なる。結論から言うと、脆弱な建物が存在する場所のリスクが高いことになる。例えば、近代的な設計思想によって設計され施工された鉄筋コンクリート建物であればこの地域に予想される MMI8 強の地震であっても 10%以下の大破率で収まるが、無補強レンガ Masonry であれば同じ地震動であっても 90%近い大破率に至る。包括的な意味でのリスクマップを 1 枚の図に納めるのには多少の困難がある。

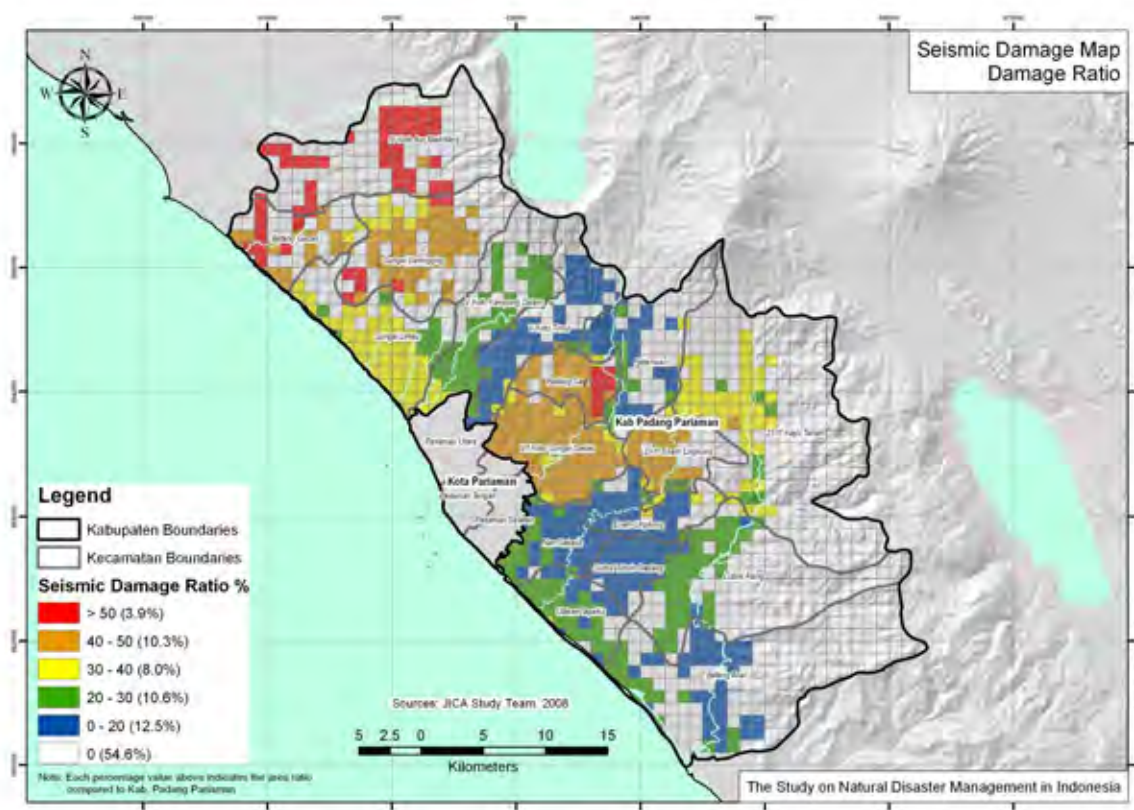


図 3.2.22 パダンパリアマン県の地震リスクマップ (大破以上の建物数の割合)

C. 地震災害の対策案

調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県、パリアマン市）における地震災害の対策案は、全て同じであることから、ジュンブル県の対応するセクションを参照のこと。

3) パリアマン市

A. 地震ハザードマップ

Hazard とは Disaster の原因であり、地震災害においては地表地震動である。だから地表地震動強度の分布図が Hazard Map に相当し、それ以外の要素は含まない。地震ハザードマップとしての地表地震動の分布を図 3.2.23 に示す。図化したのは、地表 PGA と、それを基に算出した MMI 値である。PGA とは基盤における地震動の大きさである。

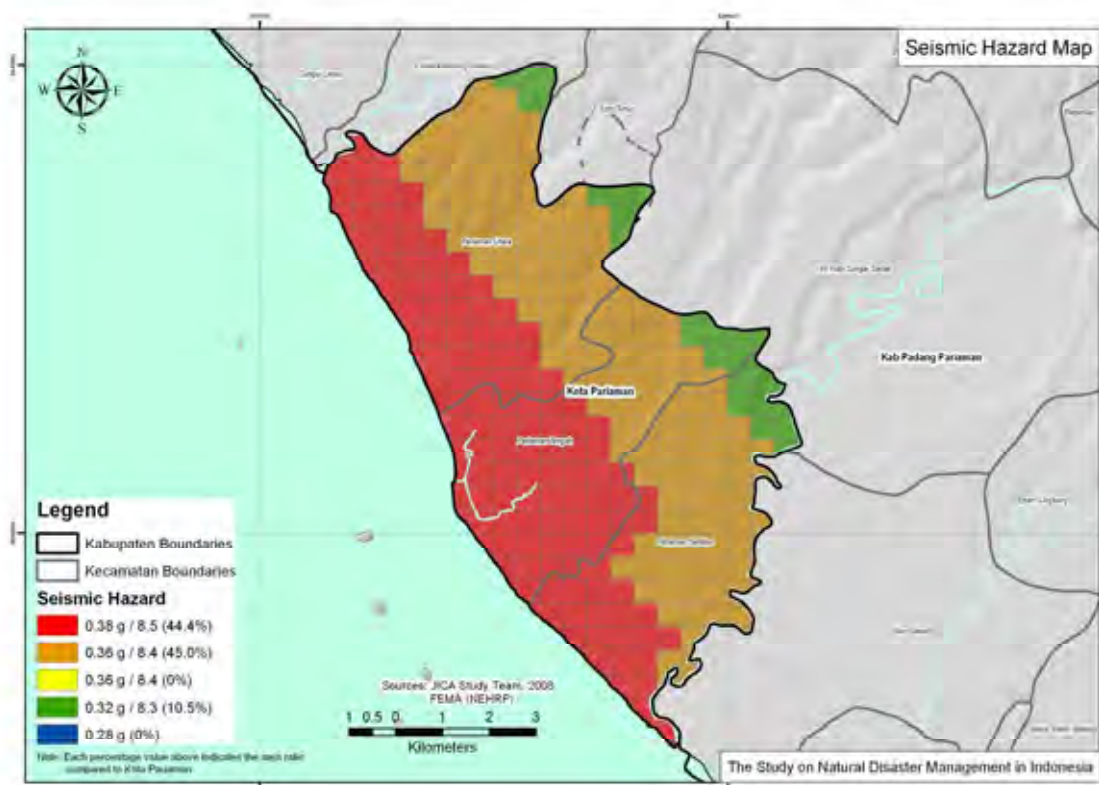


図 3.2.23 パリアマン市の地震ハザードマップ (地表地震動強度の分布)

MMI 値とは人間の感覚で評価し得る現象を基に地震動を表記するもの（例えば、「立っているのが困難」）であり、地震の強さを 12 段階で示し、構造物の破壊などの現象に良く比例する。MMI 値は、基本的には整数値で示されるものであるが、本報告書においては、僅差を標記するために、あえて小数値で示している。パダンパリアマン県に予測される 500 年期待値は MMI 表示で 8.1～8.5 である。この地震動強度は日本の気象庁震度階級(JMI)では震度 5 前後となる。JMI も、MMI 同様に地震の強さを 10 段階で示し、人間の感覚で評価し得る現象を基に地震動を表記するものである。例えば、震度 5 であれば、日本の住宅建築では軽微な被害が発生する程度である。ただし、インドネシアの住宅建築の耐震性は日本の建築に較べて相当に劣るため、この程度の地震動であっても深刻な被害が発生する。

B. 地震リスクマップ

図 3.2.24 に大破以上となる建物数を全建物数で除した値を、一辺 1km のグリッド毎に、示す。図 3.2.23 にも示されるとおり、地表地震動強度は場所によって異なり、構造の脆弱性は建物の種別毎に異なる。結論から言うと、脆弱な建物が存在する場所のリスクが高いことになる。例えば、近代的な設計思想によって設計され施工された鉄筋コンクリート建物であればこの地域に予想される MMI8 強の地震であっても 10%以下の大破率で収まるが、無補強レンガ Masonry であれば同じ地震動であっても 90%近い大破率に至る。包括的な意味でのリスクマップを 1 枚の図に納めるのには多少の困難がある。

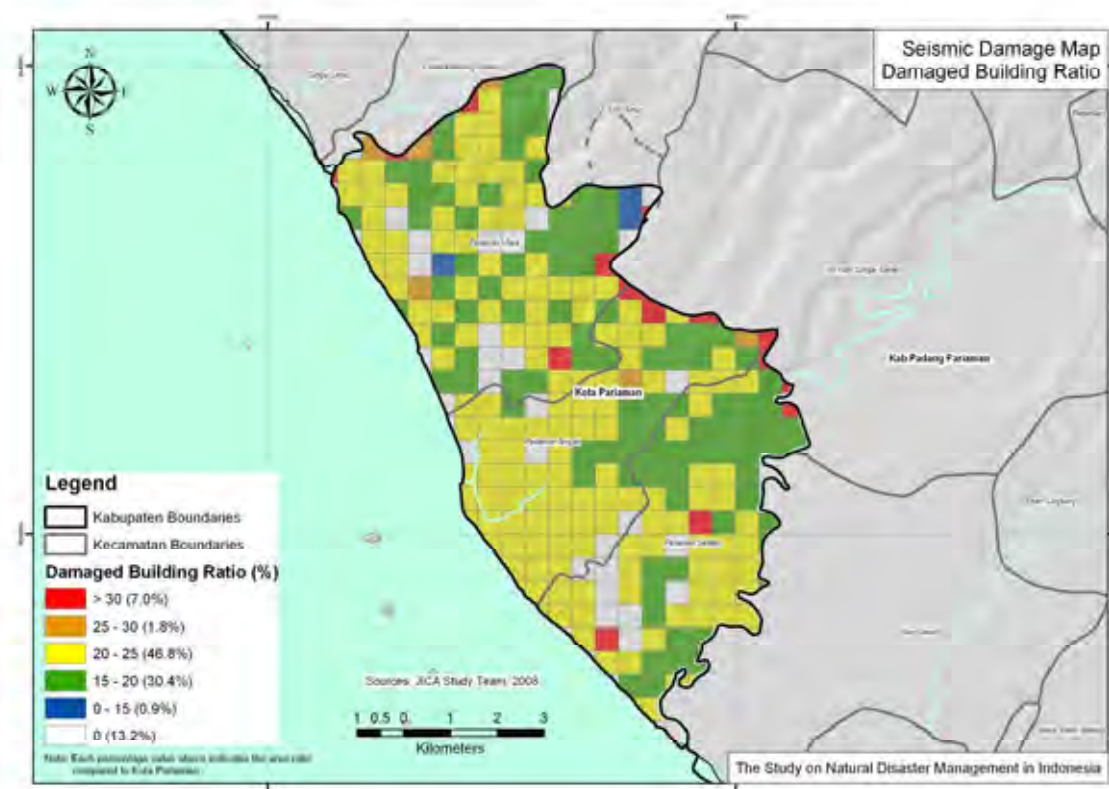


図 3.2.24 パリアマン市の地震リスクマップ (大破以上の建物数の割合)

C. 地震災害の対策案

調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県、パリアマン市）における地震災害の対策案は、全て同じであることから、ジュンブル県の対応するセクションを参照のこと。

3.2.5 津波災害

ここでは、津波災害に関して調査対象地域（ジュンブル県、パダンパリアマン県、パリアマン市）における概要について記述する。また、津波災害に対する考えられる対策についても示す。なお、詳細は、サポーティングレポートの第4章において記述している。

1) ジュンブル県

A. 津波ハザードマップ

津波による浸水区域及び浸水深を評価する手法は、数値計算や過去の津波浸水記録に基づく方法など、様々な手法がある。本調査では、ジュンブル県における津波災害に対するハザードマップとして、3種類のレイヤーを作成した。最も危険側の結果を与え、また容易に作成しやすいことから、津波災害ハザードマップとして、「地盤高に基づく津波浸水区域及び浸水深」を選定することとした。

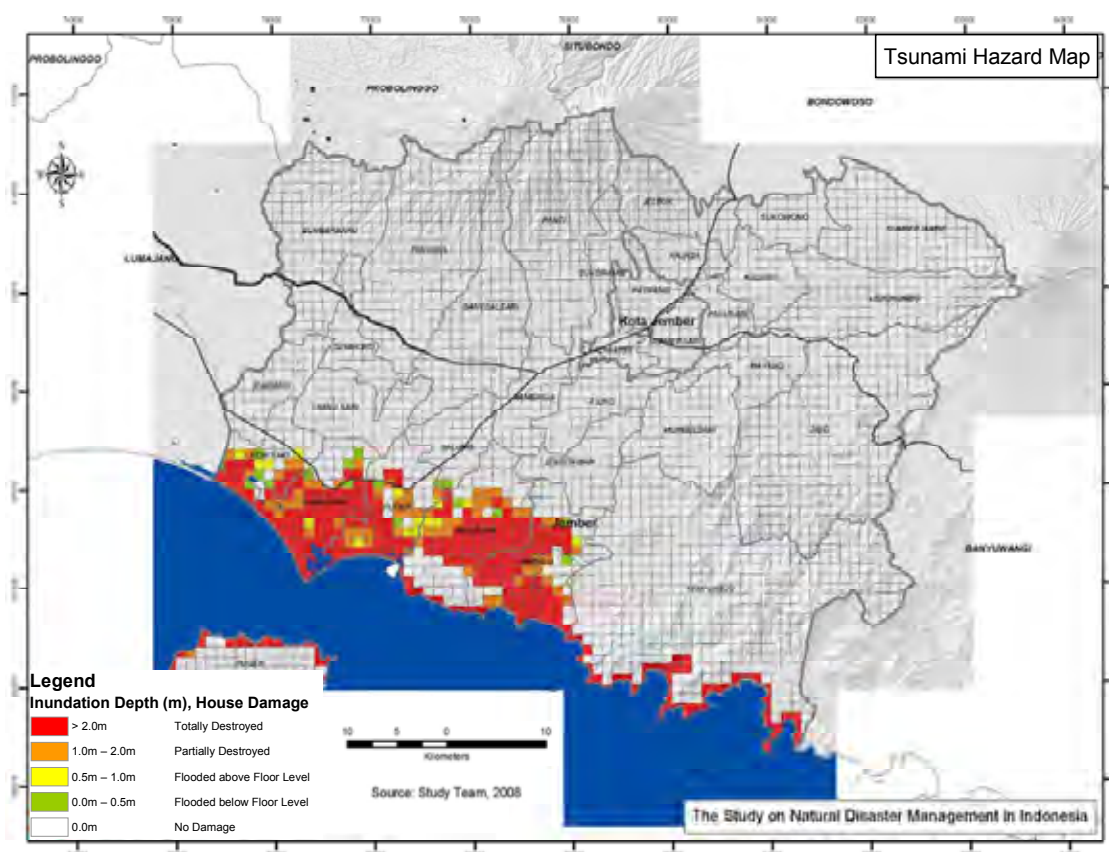


図 3.2.25 ジュンブル県における津波ハザードマップ

1994年の東ジャワ津波の最大遡上高は、8m以下である。従って、想定津波遡上高の基準高さを標高8mに設定した。図3.2.25から、沿岸の低平地に津波ハザードが集中していることがわかる。また、想定津波浸水区域は、ジュンブル県の地形的特長の一つである広大な低平地に対応して海岸線から深く広がっていることがわかる。

B. 津波リスクマップ

津波ハザードマップ及びリスクマップ作成に使用した指標を表3.2.20に示す。なお、人口密度(V_{j1})、家屋密集地域(V_{j2})の詳細は、サポーディングレポートの第1章の1.6.4で述べられている。また、被災率(V_{j3})は、サポーディングレポートの第4章で説明する。

表3.2.20 津波ハザードマップ及びリスクマップ作成のための指標

ハザードの指標	地盤高に基づく浸水区域及び浸水深(H_{j3})
脆弱性の指標	1) 人口密度(V_{j1}) 2) 家屋密集地域 (V_{j2}) 3) 被災率 (V_{j3})

ジュンブル県における津波リスク評価に用いた式を以下に示す。

リスク＝ハザード×脆弱性

$$\text{リスク} = H_{j3} \times V_{j3} \times (V_{j1} + V_{j2}) \quad (\text{Eq. 3.13})$$

ここに、 H_{j3} ：津波ハザードの指標値、 V_{j1} ：指標「人口密度」の値、 V_{j2} ：指標「家屋密集地域」の値、 V_{j3} ：指標「被災率」の値である。

図3.2.26に示すように、津波リスクは、沿岸域における中央・西側の Puger, Getem, Watuulo のような低平地や河口部にある村落に集中していることがわかる。一方、東側の区域では、津波危険度に対してリスクのある村落は湾奥に位置する Bandialit だけである。河口に近い低平地にあるこれらの地域には、漁港や漁船の船揚場があることが多く、家屋被害や人的被害に加えて漁業被害のリスクが高くなっている。

C. 津波災害対策

津波災害を回避するための基本は、高ハザードまたは高リスク地域から避難することである。最も効果的な手段の一つである高台への避難・移転が最も推奨される。しかしながら、津波災害は頻繁に発生しないことから、漁業従事者のような地域住民の合意を得ることは難しい。従って、津波災害を減ずるためには、家屋の耐浪化や避難などを含む総合対策を考える必要がある。ジュンブル県における津波対策の項目を、表3.2.21に示す。

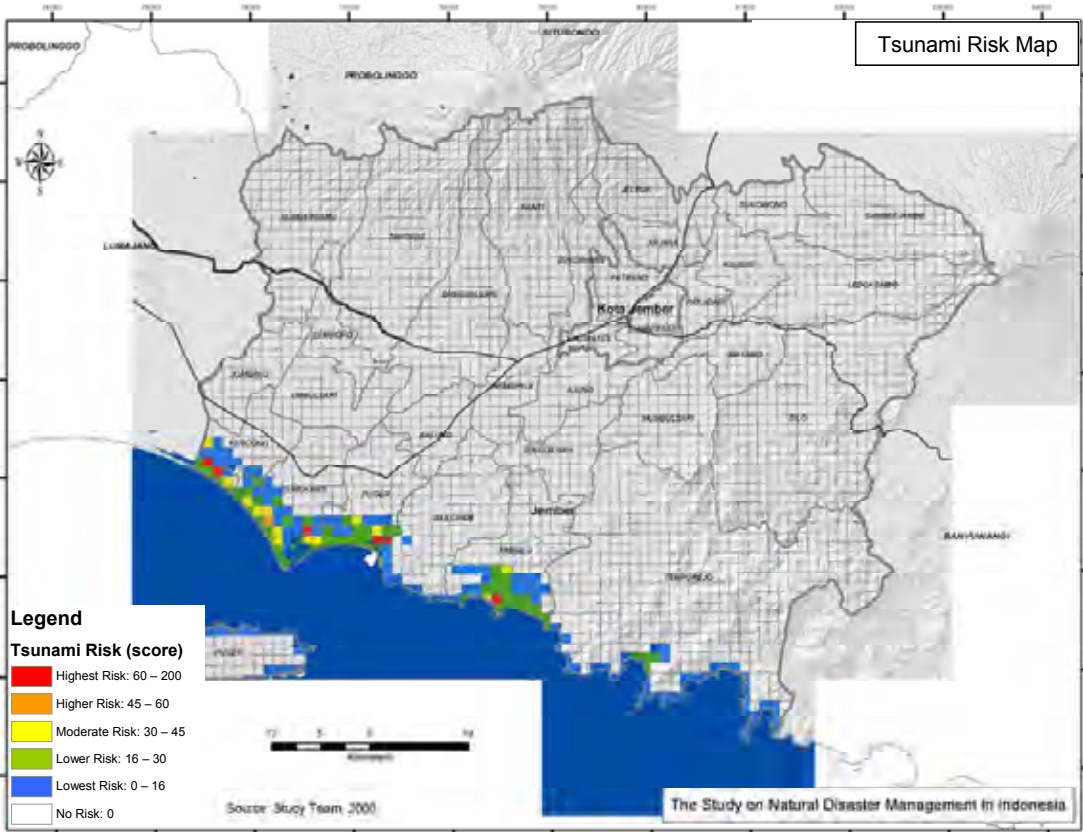


図 3.2.26 ジュンブル県における津波リスクマップ

表 3.2.21 ジュンブル県における津波対策のリスト

- 構造物対策
 - ・ 防潮堤, 津波防波堤, 津波水門, 河川堤防
 - ・ 海岸林
 - ・ 建物の耐浪化
- 津波まちづくり（津波防災のための都市計画）
 - ・ 移転
 - ・ 土地規制
- 津波ハザードマップの作成
- 避難場所・避難路の整備
- 津波避難訓練
- 防災教育

D. 能力強化のための活動

技術移転を円滑に行うことため、津波ハザードマップ及びリスクマップは基本的に担当機関メンバーと一緒に作成した。ハザードマップ及びリスクマップ作成のためのワークショップは、担当機関メンバーの能力強化に有効であった。能力強化のための活動を表 3.2.22 に示す。

表 3.2.22 ジェンブル県における津波災害ワークショップ

年月日	時間	場所	参加者（担当機関）	参加者（調査団）	議題
2007 年 6 月 26 日	10:00-16:00	Desa Sumberejo (Payangan)	PU Officer	永澤, 渡辺	・ 合同現地調査
2007 年 6 月 27 日	10:00-16:00	Desa Andongerejo (Bandialit)	PU Officer	永澤, 渡辺	・ 合同現地調査
2007 年 7 月 9 日	10:00-16:00	Desa Mayangan Desa Majomulyo (Getem)	PU Officer Officer and staff of Kantol Kecamatan Gumukmas	永澤	・ 合同現地調査
2007 年 7 月 18 日	10:00-12:00	JICA Study Office in Kab. Jember	PU Officer Officer and staff of Kantol Kecamatan Gumukmas	塚本, 永澤, 渡辺	・ 津波ハザード マップ作成に かかるワーク ショップ

2) パダンパリアマン県

A. 津波ハザードマップ

津波による浸水区域及び浸水深を評価する手法は、数値計算や過去の津波浸水記録に基づく方法など、様々な手法がある。本調査では、パダンパリアマン県における津波災害に対するハザードマップとして、3種類のレイヤーを作成した。最も危険側の結果を与え、比較的容易に作成しやすいことから、津波災害ハザードマップとして、「地盤高に基づく津波浸水区域及び浸水深」を選定することとした。

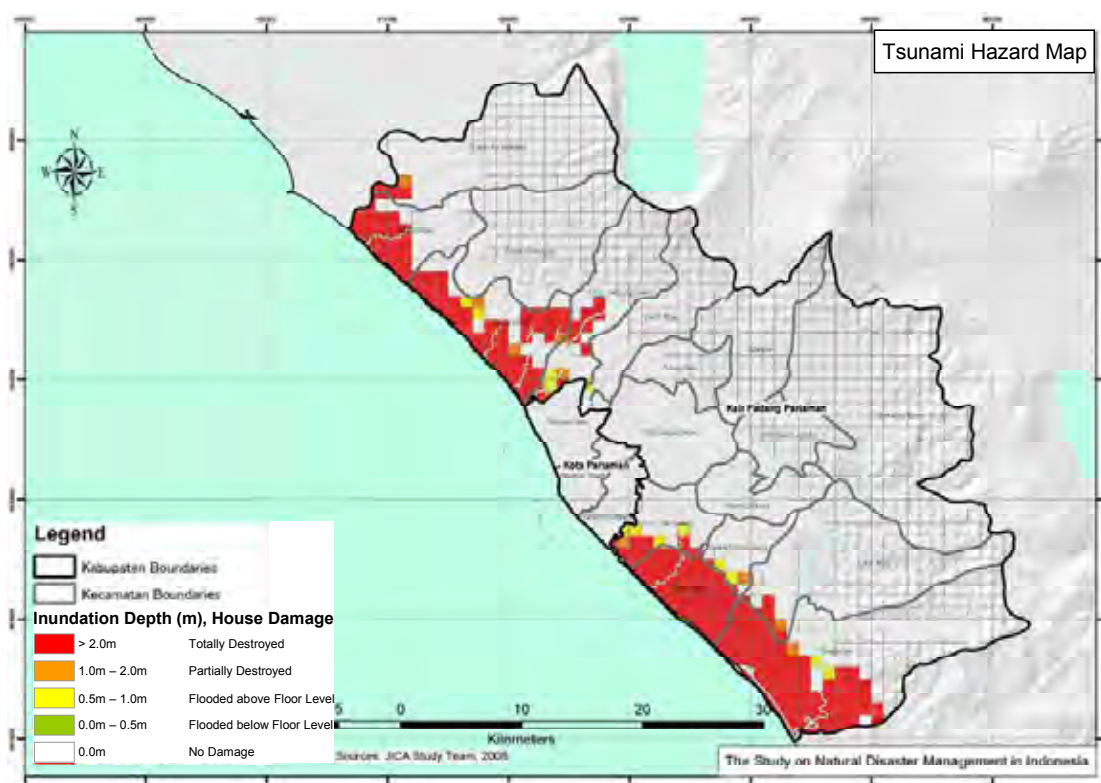


図 3.2.27 パダンパリアマン県における津波ハザードマップ

図 3.2.27 に示すとおり、津波ハザードは、沿岸の低平地に集中していることがわかる。パダンパリアマン県の北西の低平地は地形的特長でもある台地が海岸に迫っていることから、1～3km と比較的狭くなっている。一方、沿岸南側は海岸から 5～7km 内陸に広がる広大な低平地となっていることから、津波危険区域は比較的内陸側へ広がっている。

B. 津波リスクマップ

津波ハザードマップ及びリスクマップ作成に使用した指標を表 3.2.23 に示す。なお、人口密度(V_{p1})、家屋密集地域(V_{p2})の詳細は、サポーディングレポートの第 1 章の 1.6.4 で述べられている。また、被災率(V_{p3})は、サポーディングレポートの第 4 章で説明する。

表 3.2.23 津波ハザードマップ及びリスクマップ作成のための指標

危険度指標	地盤高に基づく浸水区域及び浸水深(H_{p3})
脆弱性指標	1) 人口密度(V_{p1}) 2) 家屋密集地域 (V_{p2}) 3) 被災率 (V_{p3})

パダンパリアマン県における津波リスク評価に用いた式を以下に示す。

リスク＝ハザード×脆弱性

$$\text{リスク} = H_{p3} \times V_{p3} \times (V_{p1} + V_{p2}) \quad (\text{Eq. 3.14})$$

ここで、 H_{p3} ：津波ハザードの指標値、 V_{p1} ：指標「人口密度」の値、 V_{p2} ：指標「家屋密集地域」の値、 V_{p3} ：指標「被災率」の値である。

図 3.2.28 に示すように、津波リスクは、パダンパリアマン県の沿岸部全域に広がっていることがわかる。特に、人口と家屋が集中している Sungai Limau 郡の Pasir Baru, Pilubang, Pasar Sungai Limau の被害リスクが非常に高い。パダンパリアマン県北部の Batang Gasan 郡では、リスクの高い地域は、海岸部の一部に限られる。南部では、Ulakan Tapakis 郡の Ulakan が津波の浸水リスクが高い。また、Batang Anai 郡にある南部の低平地の被害リスクは Kataping の住宅地区を除いて低くなっている。これは、人口が少なく、家屋もまばらのため脆弱性が低いと考えられる。しかし、ここには Minangkabau 国際空港が位置しており、実際に津波が襲ってきた際のリスクは非常に高いことに注意を払う必要がある。前述の地域は、海岸そばに位置しており、しばしば漁港や漁船の船揚場を有していることから、漁業被害リスクが非常に高い。また、海岸線から遠い内陸部であっても、津波は河川沿いに遡上することから、低平地は注意が必要である。

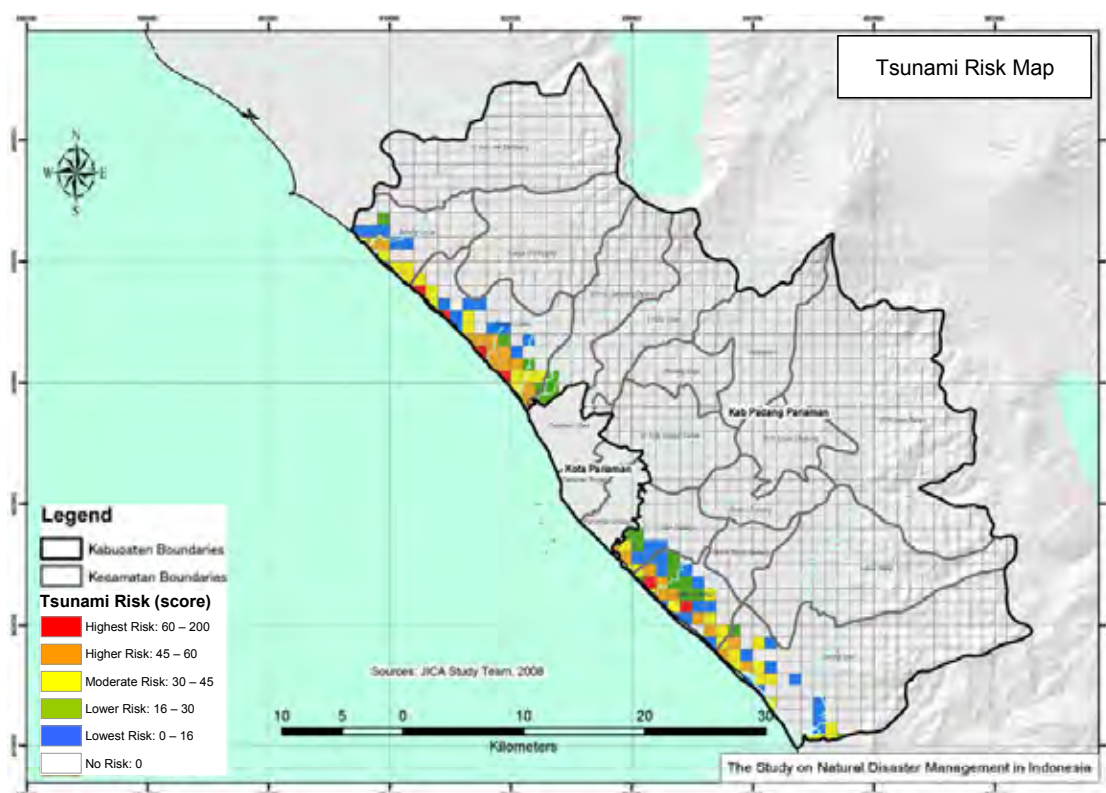


図 3.2.28 パダンパリアマン県における津波リスクマップ

C. 津波災害対策

津波のハザード、リスクのある各郡における津波対策を表 3.2.24 に示す。対策は、1) 短期的対策と 2) 長期的対策の 2 つに区分した。

D. 能力強化のための活動

技術移転を円滑に行うため、津波ハザードマップ及びリスクマップは基本的に担当機関メンバーと協議し、作成した。ハザードマップ及びリスクマップ作成のためのワークショップは、担当機関メンバーの能力強化に有効であった。能力強化のための活動を表 3.2.25 に示す。

表 3.2.24

津波災害対策項目

地域名(郡) (海岸に接した郡)	現 状				対 策	
	過去の海 岸浸食 (高潮)	避難所・警 告の有無 (海岸より 2km以内)	集落前面 の地盤状 況の有無	移転の可 能性	沿岸の人 口密度	構造物対策 非構造物対策
1 Batang Arui	無し	無し	高 くは強い (北部地域) 無し (南部地域)	低い 適切な移転先 が多数に達し たため	比較的低い	1) 海岸線 2) 土地利用規制 3) 浸透ハザードマップの整備 4) 浸透避難訓練 5) 防災教育 6) 早期警報システムの整備
2 Jember Tugu	有 (被害大)	無し	高 くは強い	低い 適切な移転先 が多数に達し たため	二般的低い 部分的に高い (Jember) (Jember)	1) 海岸線 2) 土地利用規制 3) 浸透ハザードマップの整備 4) 浸透避難訓練 5) 防災教育 6) 早期警報システムの整備
3 Neni Sabaris	無し	無し	高 くは強い	低い 適切な移転先 が多数に達し たため	二般的低い	1) 海岸線 2) 土地利用規制 3) 浸透ハザードマップの整備 4) 浸透避難訓練 5) 防災教育 6) 早期警報システムの整備
4 Sanga Linau	有 (被害大)	有 (北部地域) 無し (Pasar Sanga Linau, Pasi Bura, Pudang)	高 くは強い	高い (都市部を除く) (Pasar Sanga Linau, Pasi Bura, Pudang)	二般的低い	1) 海岸線 2) 土地利用規制 3) 浸透ハザードマップの整備 4) 浸透避難訓練 5) 防災教育 6) 早期警報システムの整備
5 Batang Casan	有 (被害大)	有	高 くは強い	高い	二般的低い	1) 海岸線 2) 土地利用規制 3) 浸透ハザードマップの整備 4) 浸透避難訓練 5) 防災教育 6) 早期警報システムの整備

表 3.2.25 パダンパリアマン県における津波災害にかかるワークショップ

年月日	時間	場所	参加者（担当機関）	参加者（調査団）	議題
2008 年 6 月 19 日	13:00-15:00	JICA Study Office in Pariaman city	C/P 災害対策チーム	加藤, 林, 藤沢, 永澤, 渡辺	[ワークショップ] ・ 日本における津波対策の紹介
2008 年 7 月 3 日	7:00-17:00	JICA Study Office in Pariaman city , 現地調査	C/P 災害対策チーム	加藤, 林, 藤沢, 永澤, 渡辺	[現地調査旅行] ・ ブリーフィング ・ 現地における各災害の物理的特長について討議 ・ 現地調査
2008 年 7 月 10 日	10:00-17:00	Pasir baru Pilubang Ulakan Tapakis river Anai river	Kota Pariaman PU Mr. Nopriyadi Sukri	加藤, 永澤	・ C/P との合同現地調査 ・ 地盤高測量
2008 年 7 月 16 日	10:00-17:00	Pasir baru Pilubang Tiram	Kab. PD. Pariaman Mr. Ir. Abd. Halim, Mr. Si	永澤	・ C/P との合同現地調査 ・ 津波対策の現状と詳細計画
2008 年 7 月 25 日	10:00-12:00	JICA Study Office in Pariaman city	C/P 災害対策チーム	永澤	[ワークショップ] 津波ハザードマップの作成

3) パリアマン市

A. 津波ハザードマップ

津波による浸水区域及び浸水深を評価する手法は、数値計算や過去の津波浸水記録に基づく方法など、様々な手法がある。本調査では、パリアマン市における津波災害に対するハザードマップとして、3種類のレイヤーを作成した。最も危険側の結果を与え、比較的容易に作成しやすいことから、津波災害に対するハザードマップとして、「地盤高に基づく津波浸水区域及び浸水深」を選定することとした。

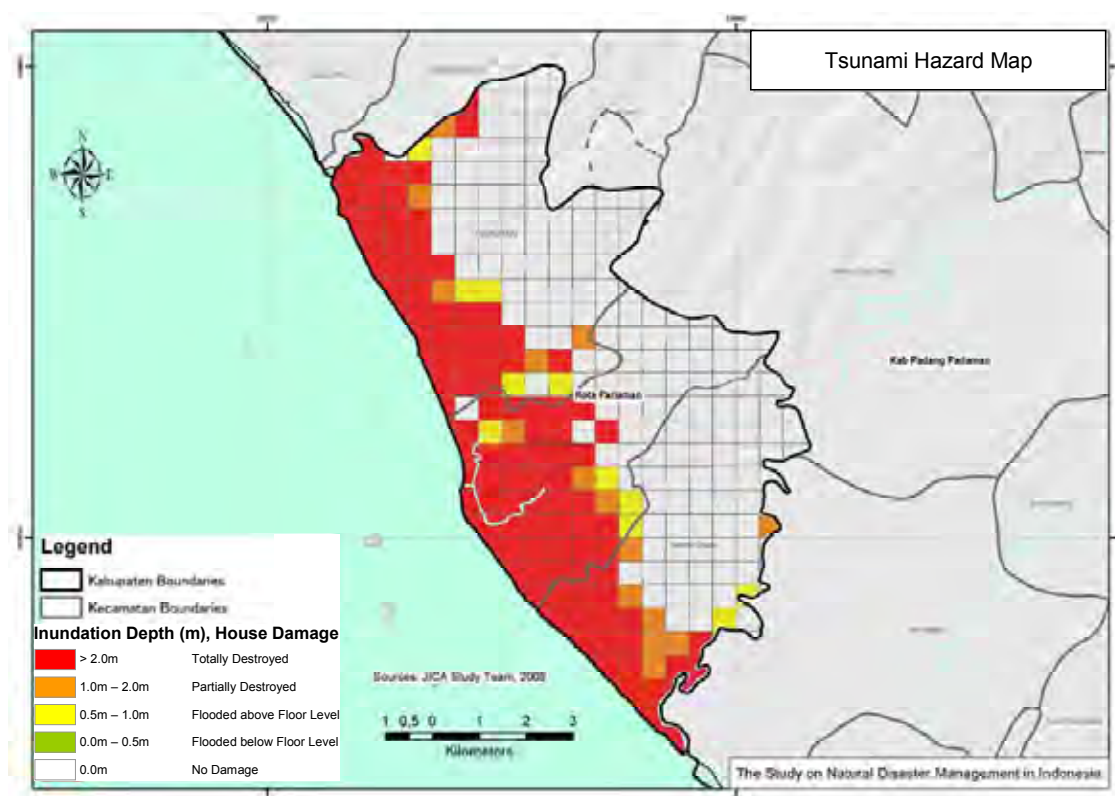


図 3.2.29 パリアマン市における津波ハザードマップ

図 3.2.29 に示すとおり、津波ハザードは沿岸の低平地に集中していることがわかる。また、津波浸水想定区域は、パリアマン市の海岸線から広がる低平地に応じて海岸線より深く内陸（2～3km）に広がっている。

B. 津波リスクマップ

津波ハザードマップ及びリスクマップ作成に使用した指標を表 3.2.26 に示す。なお、人口密度(V_{P1})、家屋密集地域(V_{P1})の詳細は、サポーディングレポートの第 1 章の 1.6.4 で述べられている。また、被災率(V_{J3})は、サポーディングレポートの第 4 章で説明する。

表 3.2.26 津波ハザードマップ及びリスクマップ作成のための指標

危険度指標	地盤高に基づく浸水区域及び浸水深(H_{P3})
脆弱性指標	1) 人口密度(V_{P1}) 2) 家屋密集地域 (V_{P2}) 3) 被災率 (V_{P3})

パリアマン市における津波リスク評価に用いた式を以下に示す。

リスク＝ハザード×脆弱性

$$\text{リスク} = H_{P3} \times V_{P3} \times (V_{P1} + V_{P2}) \quad (\text{Eq. 3.15})$$

ここで、 H_{P3} ：津波ハザードの指標値， V_{P1} ：指標「人口密度」の値， V_{P2} ：指標「家屋密集地域」の値， V_{P3} ：指標「被災率」の値である。

図 3.2.30 に示すように、津波リスクは、海岸全域に 1～2km の幅で広がっていることがわかる。特に、人口と住宅地域が集中するパリアマン市中央部の被害リスクは非常に高い。また、パリアマン市中央部には、市役所などの政府建物や鉄道・道路・橋などの交通施設、港湾施設、漁港施設などの重要施設が海岸線から 1km の範囲に存在する。従って、パリアマン市中央部では、社会基盤の被害リスクが非常に深刻といえる。

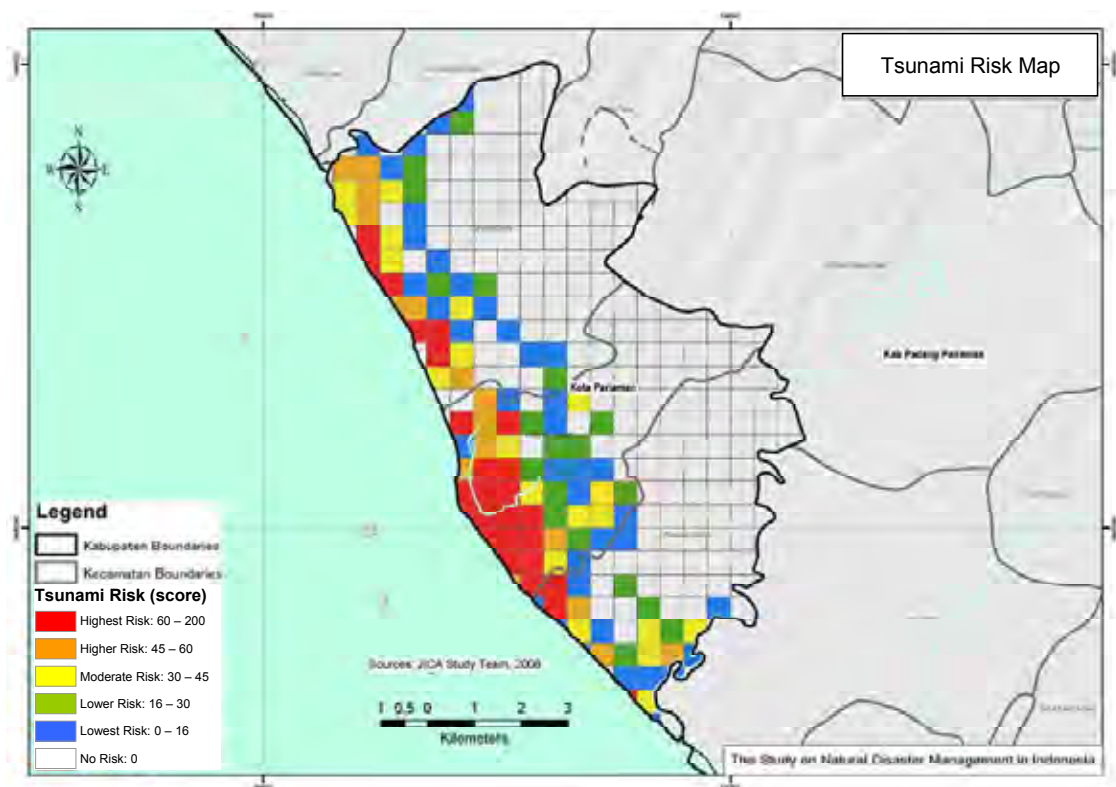


図 3.2.30 パリアマン市におけるリスクマップ

C. 津波災害対策

津波の危険やリスクのあるパリアマン市の各郡における津波対策を表 3.2.27 に示す。対策は、1) 短期的対策と 2) 長期的対策の 2 つに区分した。

D. 能力強化のための活動

ワークショップについては、パダンパリアマン県の対応する項を参照。

表 3.2.27 津波災害対策項目

地域名(郡) (海岸に接した郡)	現 状					対 策	
	過去の海 岸災害 (高潮)	避難所・高 台の有無 (海岸より 2km以内)	集落前面 の海岸林 の有無	移転の可 能性	沿岸の人 口密度	構造物対策	非構造物対策
1 North Paraman	有 甚重	有	有 幅は狭い	低い 適切な移転先 が非常に少ない ため	比較的若い	短期的対策 - 建物の耐浪化 - 既に数々の利用性のある客層が建設されている。 - 避難場所・避難路の整備 - 避難着席の整備 長期的対策 - 防波堤	(1)海岸林 (2)土地利用規制 (3)津波ハザードマップの整備 (4)津波避難訓練 (5)防災教育 (6)避難警報システムの整備
2 Centra Paraman	有 甚重	無し	有 幅は狭い	低い 適切な移転先 が非常に少ない ため	若い	短期的対策 - 建物の耐浪化 - 既に数々の利用性のある客層が建設されている。 - 避難場所・避難路の整備 - 津波避難場所(避難ビル)の建設及び指定 - 避難着席の整備 長期的対策 - 防波堤 防波壁 - 津波水門	(1)海岸林 (2)土地利用規制 (3)津波ハザードマップの整備 (4)津波避難訓練 (5)防災教育 (6)避難警報システムの整備 (既に一部導入済み 旧AG)
3 South Paraman	有 軽微	無し	有 幅は狭い	低い 適切な移転先 が非常に少ない ため	比較的若い	短期的対策 - 建物の耐浪化 - 既に数々の利用性のある客層が建設されている。 - 避難場所・避難路の整備 - 津波避難場所(避難ビル)の建設及び指定 - 避難着席の整備 長期的対策 - 防波堤	(1)海岸林 (2)土地利用規制 (3)津波ハザードマップの整備 (4)津波避難訓練 (5)防災教育 (6)避難警報システムの整備 (既に一部導入済み 旧AG)

3.2.6 予警報システム

1) 概論

自然災害による被害を軽減するためには、構造物対策および非構造物対策の2種の対策がある。洪水被害を軽減するためには、ダム建設によって洪水流量を調整することや築堤によって氾濫・越水を防止すること等が構造物対策の例として挙げられる一方、事前避難や洪水常襲地域における土地利用制限等が非構造物対策の例として挙げられる。構造物対策はある程度の被害軽減を果たすことが出来るが、この対策の実施においては、通常、多額のコストと長い期間が必要である。一方、非構造物対策は人的被害を低減させるものであるが、コストも比較的低廉で、すぐに効果発現が期待できる。非構造物対策によってその効果が持続的に発揮出来るよう、法律の制定、住民意識の向上、そして結果として人々の生活の中に防災が根付くことが必要である。

構造物対策の実施のためには長い期間がかかることから、非構造物対策として効果が顕著である早期警報・避難システム（EWS: Early Warning System）を早期に実現していくことが必要である。

国家防災庁（BNPB）および地方災害担当部局である BPBD の緊密な連携も早期予警報避難システムが効果的に機能するために、災害情報共有のためのインドネシア国のコミュニケーションネットワークという観点からも極めて必要となる。

2) 調査対象地域における早期予警報および避難体制の現状の基本的な理解

A. ジュンブル県

ジュンブル県の早期警報避難計画策定に当たって、基本的な理解を以下にまとめる。

a) ジュンブル県の早期警報および避難体制の現状

- BMG によってテレメーター式の観測・早期警報システムが一部整備されているが、ジュンブル県全域をカバーするには不十分であり、予算不足等の問題から全域をカバーするものとなるには相当の期間が必要である。
- 早期警報基準が不明確である。
- 基準を設定するためのデータが不十分である。
- いくつかの機関によって実際の観測・警報活動が個々に行われているものの、体系的に行われていない。
- 基本的な情報伝達ルートは決められているが、警報発出基準と具体的な情報伝達手順が不明確である。
- 避難場所・避難路等を含む避難計画が未整備である。
- クントンガン（木鐸）、モスクのラウドスピーカーなどの整備・使用が行われている。

b) 早期警報の一般的限界

- 降雨に起因する災害は地域レベルでの早期警報発出が可能であるが、津波早期警報については国家レベルの観測体制が必要である。
- 警報基準の設定のためには長期間の精度の高いデータの蓄積が必要である。
- 統計的な解析やシミュレーション等によって警報基準の精度が高められたとしても、実際の災害発生を確率高く予測することは困難である。

c) 早期警報のための一般的な必要事項

- 確実に警報を伝達するため、複数の伝達手段を準備しておく必要がある。
- 災害時でも安定かつ確実な情報伝達手段であることが望ましい。
- 警報や避難勧告によって住民の実際の確実な避難行動を促すためには、住民に信頼されている機関あるいは個人から情報を伝える必要がある。
- 避難場所・避難路を事前に決定し、住民に周知しておく必要がある。
- 住民が自然現象と災害発生の関係および災害のメカニズム・現象に対する理解を十分に深めておく必要がある。

B. パダンパリアマン県、パリアマン市

パダンパリアマン県およびパリアマン市の早期警報避難計画策定に当たって、基本的な理解を以下にまとめる。

a) パダンパリアマン県およびパリアマン市の早期警報および避難体制の現状

(洪水・土砂災害)

- 灌漑局とコミュニティによって実際的な観測・警報活動が行われているが、体系的に実施されていない。
- 早期警報基準が不明確である。
- 基準を設定するためのデータが不十分である。
- 基本的な情報伝達ルートは決められているが、警報発出基準と具体的な情報伝達手順が不明確である。
- 避難場所・避難路等を含む避難計画が未整備である。

(地震・津波)

- BMG と州との連携の下、サイレンを用いた予警報システムが作られ運用されているが、県・市の海岸沿い全体を網羅する（カバーする）ものとはなっていない。市については、BMG から直接情報を受けるシステムが未整備である。

b) 早期警報の一般的限界

- 降雨に起因する災害は地域レベルでの早期警報発出が可能であるが、津波早期警報については国家レベルの観測体制が必要である。
- 警報基準の設定のためには長期間の精度の高いデータの蓄積が必要である。

- 統計的な解析やシミュレーション等によって警報基準の精度が高められたとしても、実際の災害発生を確率高く予測することは困難である。

c) 早期警報のための一般的な必要事項

- 確実に警報を伝達するため、複数の伝達手段を準備しておく必要がある。
- 災害時でも安定かつ確実な情報伝達手段であることが望ましい。
- 警報や避難勧告によって住民の実際の確実な避難行動を促すためには、住民に信頼されている機関あるいは個人から情報を伝える必要がある。
- 避難場所・避難路を事前に決定し、住民に周知しておく必要がある。
- 住民が自然現象と災害発生の関係および災害のメカニズム・現象に対する理解を十分に深めておく必要がある。

3) 調査対象地域における早期警報・避難計画

上記基本的理解に基づき、調査対象地域における早期警報・避難計画を以下に示す。

a) 目的

本計画で達成を目指す目標は以下の通り。

- 人命保護
- 資産被害の軽減

b) 実行すべき活動項目

効果的な早期警報システムのために実行すべき活動項目を以下に列記する。

(共通)

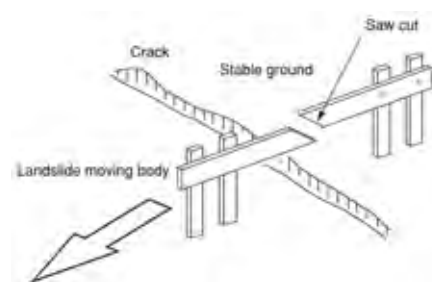
- 情報伝達経路の確立と情報伝達手段の決定
情報伝達手段に関し、伝統的で土着の手法（ドラム）や、サイレン、携帯電話、広報車など安定かつ確実な手段を検討する。
- 情報伝達・避難に関連する各組織・リーダー／個人の役割分担の明確化・文書化・普及
- 関連組織の能力強化
- リーダーの育成・トレーニング
- コミュニティ防災活動を通じた住民への教育・啓発・訓練。災害メカニズムに関する教育、確実な避難のための訓練、災害と降雨の関係への理解を目的とした住民自身による実際の降雨測定の継続的な実施、など。
- 避難場所・避難路の選定・設定とその周知
- 災害データと降雨データ等自然状況データの蓄積・解析
BMG等関連機関と協力し、災害と自然現象の関係についてのデータを蓄積し、より精度の高い警報基準値を設定する。

(洪水)

- 早期警報システムの整備を目的として、関係機関の現在の活動を利用した体系的で総合的な水文観測（降雨量・水位）システムとデータ伝達システムの構築
- 警報基準の設定を目的とした、基礎的な気象・水文データの蓄積
- 洪水頻発地域での警報基準の設定を目的とした、水位計測地点の決定とデータの蓄積
- 水文観測所の新規設置位置および観測機器を改善（自記式化あるいはテレメータ化）する観測所の検討
- 洪水頻発地域や洪水危険地域に居住する住民へのハザードマップやリスクマップを用いた教育・啓発

(土砂災害)

- 警報基準の設定を目的とした、基礎的な気象・水文データの蓄積（洪水に同じ）
- 災害頻発地域や危険地域に居住する住民へのハザードマップやリスクマップを用いた教育・啓発
- 降雨と土砂災害の関係に関する住民教育
- 前兆現象が見られる箇所での住民や職員による簡易測定の実施や、土砂災害発生メカニズム（簡易測定の意味合い）についての住民・職員への説明・教育



(地震)

早期警報は極めて困難である。

(津波)

- 気象庁による早期警報システムの確立
- 気象庁による警報を人々に伝達するシステムの整備（サイレン塔の設置）
- 沿岸地域に居住する人々への津波のメカニズムとリスクに関する教育